

**Katedra:** Geografie  
**Studijní program:** Tělesná výchova a sport  
**Studijní obor:** Tělesná výchova se zaměřením na vzdělávání  
Geografie se zaměřením na vzdělávání

PROUDĚNÍ VZDUCHU V ZEMSKÉ  
ATMOSFÉŘE A JEHO VLIV NA SMĚR A  
RYCHLOST LETU HORKOVZDUŠNÝCH  
BALÓNŮ

AIR MOTION IN THE EARTH'S  
ATMOSPHERE AND ITS INFLUENCE ON THE  
DIRECTION AND SPEED OF THE HOT-AIR  
BALLOONS

**Bakalářská práce:** 13-FP-KGE-24

**Autor:**  
Kristýna KUBÁTOVÁ

**Podpis:**

.....

**Vedoucí práce:** Hynek Alois, doc. RNDr. CSc

**Konzultant:** Mrg. Michal Kubát

**Počet**

stran	Grafů	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
51	0	37	0	21	CD

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická  
Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna Kubátová**  
Osobní číslo: **P10000318**  
Studijní program: **B7401 Tělesná výchova a sport**  
Studijní obory: **Tělesná výchova se zaměřením na vzdělávání**  
**Geografie se zaměřením na vzdělávání(dvouoborové)**  
Název tématu: **Proudění vzduchu v zemské atmosféře a jeho vliv na směr a rychlost letu horkovzdušných balónů**  
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

### **Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

Cíl práce:

Možnost řízení balonu za letu a navádění balonu na cíl v závislosti na všech faktorech ovlivňujících proudění vzduchu.

Metody geografického výzkumu (podle Practising Human Geography (Cloke et al., 2004)

\* Konstrukce dat: oficiální/neoficiální zdroje, terénní šetření a mapování, analýza strategických rozvojových dokumentů

\* Konstrukce interpretací: třídění dat, výpočty, vysvětlení, porozumění, reprezentace

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. RNDr. Alois Hynek, CSc.**

Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce:

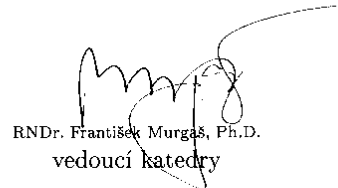
**27. listopadu 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**25. dubna 2013**



doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.  
děkan



RNDr. František Murgáš, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. prosince 2012

## Příloha zadání bakalářské práce

### Seznam odborné literatury:

1. DVOŘÁK, P., 2010. Letecká meteorologie. Cheb: Svět křídel. ISBN 978-80-86808-85.
2. FARSKÝ, I., 2003. Fyzická geografie. Ústí nad Labem: OMP UJEP. ISBN 80-7044- 503-3.
3. FARSKÝ, I., 2002. Obecná fyzická geografie. (Meteorologie pro studenty PF I.). 1. vyd. Ústí nad Labem: OMP UJEP. ISBN 80-7044-452-5.
4. KELLER, Ladislav. Učebnice pilota: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost. 1. vyd. [i.e. 2., přeprac. vyd.]. Cheb: Svět křídel, 2006, 696 s. ISBN 80-868-0828-9.
5. MOLNÁR, F., 1970. Synoptická meteorologie: Učební text pro pomaturitní studium. Praha: Hydrometeorologický ústav.
6. NETOPIL, R., a kol, 1984. Fyzická geografie 1. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství
7. ŘEZÁČOVÁ, Daniela. Fyzika oblaků a srážek. Vyd. 1. Praha: Academia, 2007, 574 s., [48] s. obr. příl. ISBN 978-80-200-1505-1.
8. VYSOUDIL, Miroslav. Meteorologie a klimatologie. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 281 s. ISBN 80-244-1455-4.
9. Praktická letová provozní příručka

## Čestné prohlášení

**Název práce:** Proudění vzduchu v zemské atmosféře a jeho vliv na směr a rychlost letu horkovzdušných balónů

**Jméno a příjmení autora:** Kristýna Kubátová

**Osobní číslo:** P10000318

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že má bakalářská práce je ve smyslu autorského zákona výhradně mým autorským dílem.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Prohlašuji, že jsem do informačního systému STAG vložil/a elektronickou verzi své bakalářské práce, která je identická s tištěnou verzí předkládanou k obhajobě, a uvedl/a jsem všechny systémem požadované informace pravdivě.

V Liberci dne: 28. 06. 2013

---

Kristýna Kubátová

## **Poděkování**

Tímto způsobem bych chtěla velice poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. RNDr. Aloisi Hynkovi, Csc. za cenné rady a připomínky, za vstřícnost a okamžité odpovědi na mnou položené dotazy. Dále bych chtěla poděkovat svému konzultantovi Mgr. Michalu Kubátovi za pomoc na této bakalářské práci, protože bez jeho konzultací by jen těžko mohla vzniknout. Dále patří mé poděkování mojí sestře Michaelae Kubátové, která obohatila tuto práci o cenné a nepostradatelné ilustrace.

## ANOTACE

Tato bakalářská práce s názvem „*Proudění vzduchu v zemské atmosféře a jeho vliv na směr a rychlost letu horkovzdušných balónů*“ má za cíl zjistit, zda je možné řízení balónu za letu a navádění balónu na cíl v závislosti na všech faktorech ovlivňujících proudění vzduchu. Práce obsahuje celkem tři významné kapitoly. První teoretická kapitola pojednává o letecké meteorologii. V další části se práce zabývá provozováním balónového létání. V poslední části se práce věnuje hlavně geografii v balónovém létání a vzájemnou souvztažností všech těchto oborů. V závěrečném shrnutí dospívá k závěru, že balón je částečně řiditelný a lze jej úspěšně navést na cíl, pokud je pilot vybaven dostatečnými zkušenostmi a znalostmi geografie a vlivu proudění vzduchu v zemské atmosféře.

**Klíčová slova:** horkovzdušný balón, let balónem, řízení balónu, pilot, meteorologie, proudění vzduchu, termické proudění, konvekce, přízemní vrstva

## ANOTATION

The aim of the Bachelor thesis „*Air motion in the earth's atmosphere and its influence on the direction and speed of the hot-air balloons*“ is to find out if the hot air balloon can be correctly navigated to a location based on all factors that affect flow of the air. The thesis is divided of three main parts. First chapter is about aerial meteorology. Next part the thesis focuses on managment of a balloon company. Last part focuses on geography in balloon flying and also takes a look on balloon flying from all mentioned fields. The final statement of the thesis is that hot air balloon is partly driveable and it can be lead to a certain location if the pilot has skills, experience and knowledge of geography and air streams.

**Keywords:** hot air balloon, hot air balloon flight, hot air balloon control, pilot, meteorology, air motion, thermal flow, convection, ground layer

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>1 LETECKÁ METEOROLOGIE .....</b>	<b>13</b>
1.1 SLOŽENÍ ZEMSKÉ ATMOSFÉRY .....	13
1.1.1 <i>Atmosféra.....</i>	13
1.1.2 <i>Vertikální členění atmosféry.....</i>	13
1.2 METEOROLOGICKÉ PRVKY .....	15
1.2.1 <i>Sluneční záření .....</i>	15
1.2.2 <i>Teplota vzduchu a adiabatický proces .....</i>	15
1.2.3 <i>Tlak a hustota vzduchu .....</i>	15
1.2.4 <i>Vlhkost vzduchu .....</i>	16
1.2.5 <i>Vítr.....</i>	16
1.2.6 <i>Oblačnost .....</i>	16
1.2.7 <i>Proudění vzduchu .....</i>	16
1.3 SYNOPTICKÉ OBJEKTY .....	17
1.3.1 <i>Vzduchové hmoty.....</i>	17
1.3.2 <i>Atmosférické fronty.....</i>	18
1.3.3 <i>Tlakové útvary.....</i>	19
<b>2 PROVOZOVÁNÍ BALÓNOVÉHO LÉTÁNÍ.....</b>	<b>21</b>
2.1 PRINCIP FUNKCE .....	21
2.2 TYPY BALÓNŮ.....	21
2.3 KONSTRUKCE BALÓNU.....	22
2.3.1 <i>Koš.....</i>	22
2.3.2 <i>Hořáky.....</i>	23
2.3.3 <i>Obal.....</i>	24
2.3.4 <i>Ostatní vybava .....</i>	25
2.4 OVLADATELNOST .....	25
2.5 KDY SE LÉTÁ.....	26
2.6 KDE SE LÉTÁ.....	26
2.7 BEZPEČNOST .....	27
2.8 SPORTOVNÍ LÉTÁNÍ.....	27
<b>3 GEOGRAFIE V BALÓNOVÉM LÉTÁNÍ.....</b>	<b>29</b>
3.1 MÍSTNÍ PROUDY .....	29
3.2 VZNIK TERMICKÉ KONVEKCE A PROUDĚNÍ VZDUCHU .....	31
3.2.1 <i>Cyklický vývoj termiky v otevřené krajině a její vliv na let balónu .....</i>	31



3.2.2	<i>Denní a noční fáze konvekce a proudění vzduchu v údolí s aplikací na Libereckou kotlinu..</i>	38
3.2.3	<i>Roční období a jeho vliv na vývoj termiky .....</i>	41
3.3	LETY BALÓNEM V RŮZNÝCH GEOGRAFICKÝCH PODMÍNKÁCH .....	42
3.3.1	<i>Turbulentní a laminární proudění vzduchu, orografie terénu a její vliv na směr, výšku a rychlost letu balónu.....</i>	42
3.4	SHRNUTÍ .....	48
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>50</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Složení vzdušného obalu Země.....</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 2: Proudění vzduchu na Zemi.....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 3: Schéma trojrozměrného proudění v cykloně a anticykloně.....</i>	<i>20</i>
<i>Obrázek 4: Plynový balón.....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 5: Horkovzdušný balón.....</i>	<i>22</i>
<i>Obrázek 6: Koš horkovzdušného balónu.....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 7: Hořáky horkovzdušného balónu.....</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 8: Obal horkovzdušného balónu.....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 9: ICAO mapa.....</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 10: Porovnání závodního balónu (vlevo) s komerčním balónem .....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 11: Schéma brízové cirkulace v periodě dne s vyznačením izobar (čárkovaně) a proudnic (plně).....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 12: Změny teploty vzduchu při fěnu.....</i>	<i>30</i>
<i>Obrázek 13: Počáteční přípravná fáze .....</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 14: Fáze začínající termiky .....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 15: Postupující rostoucí fáze .....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 16: Fáze přeměny bubliny na tzv. "komín" .....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 17: Počáteční fáze odtržení termických komínů od země .....</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 18: Fáze cirkulace .....</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 19: Fáze úplného odtržení termické masy od země .....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 20: Fáze dalšího cyklu nové termické bubliny .....</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 21: Fáze kondenzace .....</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 22: Fáze nulového vztlaku termické masy .....</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 23: Fáze rozpouštění .....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 24: Dopolední cirkulace .....</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 25: Odpolední cirkulace .....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 26: Večerní katabatické proudění.....</i>	<i>40</i>
<i>Obrázek 27: Noční katabatické proudění .....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 28: tabulka východů a západů slunce .....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 29: Nucené stoupání balónu přes terénní vlnu .....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 30: Nucené klesání za terénní vlnou.....</i>	<i>43</i>
<i>Obrázek 31: Nucené zrychlení .....</i>	<i>44</i>

<i>Obrázek 32: Záměrné zpomalení .....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 33: Využití větrného stínu - rotoru za terénní vlnou k přistání .....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 34: Ovládání směru letu balónu ve vzdušných vrstvách.....</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 35: Záměrná změna směru letu pomocí obtékání překážky v přízemní vrstvě .</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 36: Záměrná změna směru letu pomocí nasávání nenasyceného vzduchu oblakem .....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 37: Začátek katabatického proudění při západu Slunce .....</i>	<i>48</i>

# ÚVOD

Horkovzdušné balóny byly v historii prvními dopravními prostředky, díky kterým se mohl člověk poprvé podívat na svět z ptáčích perspektivy. I v dnešní době nám neustále připomínají první pokusy člověka využít vzdušný prostor pro svou potřebu. Přesto, že se při výrobě dnešních horkovzdušných balónů využívá současná nejmodernější technologie, jejich vzhled a způsob ovládání zůstává po celá staletí stejný. Dávni aeronauté určitě zažívali při letu balónem stejně romantické a dobrodružné pocity, jaké zažívá současný pilot balónu. Jediný rozdíl a zároveň obrovský náskok má před svými předchůdci v tom, že má k dispozici znalosti, které byly pro tehdejší aeronauty nedosažitelné a může je maximálně využít pro bezpečnou a klidnou plavbu vzduchem. Přesto, že je horkovzdušný balón hůře ovladatelný než ostatní letecké dopravní prostředky, může jej zkušený a vzdělaný pilot vždy úspěšně navést na bezpečné přistání.

Důvod, proč jsem si zvolila toto téma, je ten, že se chci pokusit přiblížit a vysvětlit problematiku balónového létání, která je úzce spjata s geografii i dalším lidem a zájemcům o tyto obory.

V první kapitole mé práce se věnuji leteckým meteorologickým podmínkám, bez jejichž pochopení by tato práce nemohla dále navazovat na hlavní problematiku tohoto díla. Samotný pilot horkovzdušného balónu musí při závěrečných zkouškách úspěšně splnit testy z několika oborů. Mezi ty nejdůležitější patří i letecká meteorologie a orientace v terénu.

V další kapitole se podrobně věnuji tomu, co si můžeme představit pod pojmem provozování balónového létání. Popisuji zde základní princip funkce horkovzdušného balónu, jaké jiné druhy balónů známe, konstrukci tohoto stroje, jeho ovladatelnost a bezpečnost, místo a čas provozu, kdy je schopen horkovzdušný balón vzletu a jako poslední věcí zde zmiňuji sportovní létání, protože právě toto odvětví nepřímo nutí výrobce k dalšímu vývoji.

Nedílnou součástí balónového létání je nauka o geografii, která je s ním úzce spjata a které se věnuji v hlavní kapitole práce.

V závěrečné kapitole na modelových situacích objasňuji vliv proudění, rychlosti a směru větru na konkrétních případech.

Hlavním cílem této práce je zjistit, zda je možné řídit balón za letu a navádět balón na cíl v závislosti na všech faktorech ovlivňujících proudění vzduchu. Dalším dílčím cílem může být poskytnutí obecného návodu pro budoucí piloty.

# 1 LETECKÁ METEOROLOGIE

## 1.1 Složení zemské atmosféry

### 1.1.1 Atmosféra

Atmosféra je plynný obal Země. Tento obal sahá od zemského povrchu do výšky přibližně 200 km. Poté volně přechází v kosmický prostor. Celková odhadovaná hmotnost atmosféry činí  $5,5 \times 10^{18}$  tun.

Podle Demka et al. (2007, s 46-7) vzduch je plyn, který je složený z kyslíku, dusíku, oxidu uhličitého, vodní páry a dalších látek. Všechno dohromady tedy tvoří plynný obal Země, kterému též říkáme atmosféra. Bez této sféry bychom se na Zemi těžko obešli. Ve vertikálním průřezu má atmosféra různorodé vlastnosti. Nejspodnější část atmosféry, zvaná troposféra, obsahuje 90% veškerého vzduchu. Vzhledem k tomu, že je neblíže k povrchu Země, je vlastnostmi povrchu nejvíce ovlivněna a zároveň obsahuje v nejspodnější části mnoho vodních par. Počasí a podnebí, jež nás ovlivňují, probíhají především v troposféře.

### 1.1.2 Vertikální členění atmosféry

Podle Garzina (1998, s 38-9) není atmosféra životně důležitá jenom proto, že obsahuje vzduch, který dýcháme, ale i pro to, že není jednolitá – skládá se totiž z několika vrstev, které mají své určité vlastnosti.

#### a) troposféra

Troposféra je nejbliže povrchu Země a sahá do výšky cca až 17 km. Tato výška je však závislá na zeměpisné šířce, průměrné teplotě troposféry v dané lokalitě a na ročním období. Na pólech a v polárních oblastech tato výška dosahuje přibližně 6 – 8 km. Naopak nad rovníkem výška sahá do 16 – 17 km. Celá troposféra má hmotnost 75 % celého plynného obalu. V troposféře se odehrávají skoro všechny meteorologické jevy a prvky. Dochází zde k horizontálnímu a vertikálnímu proudění vzduchu, k zániku a vzniku oblačnosti, mechanické turbulenci a vývoji počasí. Rovněž obsahuje téměř prakticky celou atmosférickou vlhkost.

Hlavní vlastností této sféry je úbytek teploty vzduchu s narůstající výškou a to zhruba o  $0,65^{\circ}\text{C}$  na každých 100 metrů výšky. Takto to funguje do přechodné vrstvy tzv. tropopauzy, kde se pokles teploty vzduchu s výškou zastaví a teplota zde zůstává téměř konstantní. Tropopauza je asi 2 km silná.

Garzina (1998, s 38-9) tvrdí, že balónové létání – jedno z nejstarších sportovních odvětví – využívá konvekci v atmosféře. Meteorologové již léta používají balónů, které nesou pouze přístroje, pro měření teploty, síly a směru větru a dalších údajů ve vysokých nadmořských výškách, sahajících až do stratosféry.

#### **b) stratosféra**

Rozprostírá se do výšky 50 km od tropopauzy. Spodní vrstva stratosféry je dopravní a vojenskou tepnou. Typické pro tuto sféru je, že se zde nevytváří a neprojevují povětrnostní situace. Převažuje tu horizontální proudění a naopak vertikální proudění je zde minimální. V polovině tloušťky této vrstvy se začíná vzduch oteplovat a na horní hranici, tedy kolem 50 km nad mořem, se dostává na nulovou hodnotu.

#### **c) mezosféra**

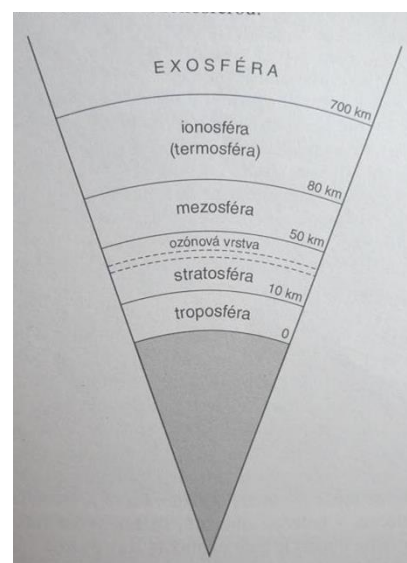
Mezosféra sahá od výšky 50 km do 80 km. Vítr je zde velice proměnlivý a charakteristické pro tuto vrstvu je pokles teploty vzduchu na  $-40^{\circ}\text{C}$  až  $-90^{\circ}\text{C}$ .

#### **d) termosféra**

Termosféra je vymezena od výšky 80 km až do 500 - 600 km. Typická je zde stoupající teplota vzduchu a to až na  $1500^{\circ}\text{C}$ . Pro výrazný výskyt elektricky nabitých částic je tato sféra velice dobře elektricky vodivá a nejvýznamnějším prvkem je zde polární záře.

#### **e) exosféra**

Poslední vrstvou atmosféry je exosféra. Začíná od 800km a přechází volně v kosmický prostor. Ve vzdálenosti kolem 20 000 – 40 000 km končí hranice exosféry.



Obrázek 1: Složení vzdušného obalu Země

(NOVÁK, Svatopluk a Jaromír DEMEK. Planeta Země se představuje: pro základní školy včetně škol s výukou podle vzdělávacího programu obecná škola : 6. 1. vyd. Praha: Vydavatelství a nakladatelství Práce, 1998, 79 s. Učebnice pro základní školy (Práce). ISBN 80-208-0451-4.)

## 1.2 Meteorologické prvky

### 1.2.1 Sluneční záření

Podle Demka, et al. (1995, s 49) je zemský povrch ohříván dopadem slunečního záření. Tímto vlivem se zároveň zahřívá i ovzduší. Množství slunečního záření, které dopadá na povrch Země, ovlivňuje do značné míry podnebí jednotlivých krajin. Velikost slunečního záření je dána sklonem (úhlem), pod kterým dopadá na zemský povrch. Množství slunečního záření, dopadajícího na zemský povrch, roste od pólů k rovníkům. Polární kruhy a obratníky vytváří pomyslné hranice s rozdílným množstvím slunečního záření. Zemský povrch můžeme tedy dělit na teplotní pásy s různým podnebím.

### 1.2.2 Teplota vzduchu a adiabatický proces

Změnu teploty vzduchu s výškou na každých 100 m charakterizujeme pomocí tzv. vertikálního teplotního gradientu, ten se mění podle výšky nad zemským povrchem, podle denní a noční doby a podle povětrnostní situace. Dle Netopila, et al (1984, s 60-1) adiabatický děj nazýváme takovým dějem, při kterém nedochází k výměně energie mezi plynem a okolím.

V troposféře, nejnížší vrstvě atmosféry, teplota vzduchu s narůstající výškou klesá o  $0,65^{\circ}\text{C}$  na každých 100 metrů. Jedná-li se o adiabat suchého vzduchu teplotní gradient je  $1^{\circ}\text{C}$  na 100m. Teplotní gradient udává labilitu nebo stabilitu teplotního zvrstvení. Při instabilním teplotním zvrstvení je vyvinuta v atmosféře vertikální výměna, a je nazývána výměnou konvekční (konvekce).

*„Rozdíl mezi ochlazováním adiabaticky vystupujícího objemu vzduchu a změnou teploty s výškou v okolní atmosféře, vyjádřenou teplotním gradientem, je určující pro stabilitu nebo labilitu teplotního zvrstvení. Při stabilním teplotním zvrstvení je potlačena a při instabilním vyvinuta v atmosféře vertikální výměna, kterou nazýváme výměna konvekční (konvekce).“*  
(Netopil, 1984, s 61)

### 1.2.3 Tlak a hustota vzduchu

Atmosférický tlak nebo také tlak barometrický, je tlak přímo úměrný tíze vzduchového sloupce od povrchu země až k oblasti, kde atmosféra přechází ve vesmír. Tlak vzduchu vyjadřujeme v Pascalech. Na zemském povrchu je nejčastěji v rozmezí 980 až 1040 hPa. Standartní tlak vzduchu na hladinu moře je 1013, 25 hPa. Čím je vzduch teplejší, tím má nižší hustotu a nižší tlak a naopak, čím je vzduch chladnější, tím má větší hustotu a větší tlak.

Pomocí měření tlaku speciálními přístroji, určujeme výšku nad mořem. Podle Dvořáka (2004) vzhledem k tomu, že je vzduch stačitelný, tak hodnoty hustoty a tlaku vzduchu v atmosféře s výškou klesají.

#### **1.2.4 Vlhkost vzduchu**

Důležitou součástí vzduchu utváří vodní páry. Vlhkost vzduchu je množství par obsažených v ovzduší. Vypařování je proces, kterým se vodní pára dostane do ovzduší. Tento proces ustává v okamžiku, kdy se vzduch nasytí vodní párou. Maximální vlhkost vzduchu neboli maximální nasycení vzduchu vodní parou je přímo závislé na teplotě vzduchu. Vlhkost vzduchu můžeme vyjadřovat různým způsobem na absolutní vlhkost, relativní vlhkost, specifickou vlhkost, sytostní doplněk a rosný bod. (Horník, 1986)

#### **1.2.5 Vítr**

*„Ovzduší je jen ve výjimečném případě ve stavu klidu“* (Quitt in Horník, 1986, s 45). Probíhají zde vertikální a horizontální pohyby. Vítr je tedy pohyb vzduchu podél zemského povrchu. Obvykle měříme pomocí meteorologických přístrojů pouze horizontální složku, avšak vítr má i vertikální složku.

Síla, která vyvolává značné změny v rychlosti i směru větru se nazývá síla tření. Tato síla působí na vzduch, který se pohybuje v přízemní vrstvě atmosféry. Je známo, že tento vliv s výškou slábne. (Quitt in Horník, 1986, s 45)

#### **1.2.6 Oblačnost**

Oblačnost je stupeň pokrytí oblohy oblaky. V synoptické meteorologii ji vyjadřujeme v osminách. Rozlišujeme denní a noční chod oblačnosti. Denní chod oblačnosti je ovlivněn mnoha faktory, patří mezi ně například, charakter advekce, typ vzduchové hmoty, časová změna teplotní stratifikace. Tyto faktory jsou navíc odlišné u různých druhů mraků. (Brázdil in Netopil, 1984)

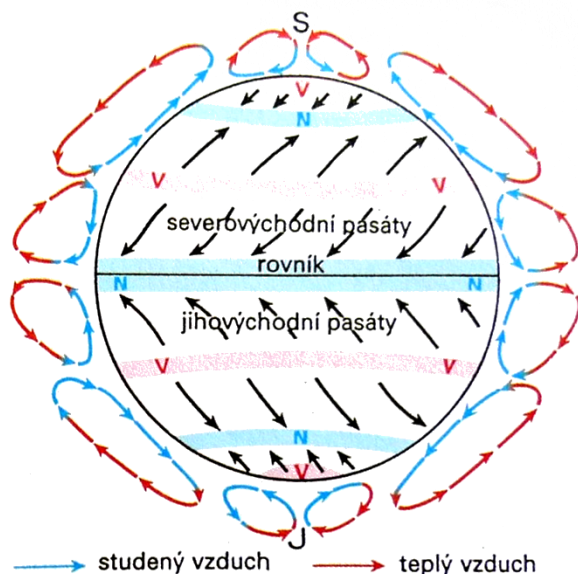
#### **1.2.7 Proudění vzduchu**

Proudění vzduchu funguje na principu rozdílnosti tlaku v zemské atmosféře. Jestliže bude působit na vzduchovou hmotu ze všech stran stejný tlak, pak zůstane v rovnovážném stavu. Jestliže však tlak bude působit nestejnou silou z různých stran, začne se vzduch přemisťovat a to ve směru od vyššího tlaku k nižšímu. Rychlost proudění závisí na změnách tlaku na horizontální vzdálenost, na tzv. horizontálním tlakovém gradientu. Rozlišujeme dva



základní typy proudění. Advekci, při níž převládají horizontální pohyby vzduchu a poté konvekci, kde převládá vertikální proudění vzduchu. (Horník, 1986, s 44) Proudění vzduchu na Zemi výrazně ovlivňuje Coriolisův jev, kdy samotná rotace Země a setrvačnost vzduchové a vodní hmoty ji stáčí na severní polokouli doprava a na jižní polokouli doleva.

Jednotlivým typům proudění vzduchu se budeme blíže věnovat později v kapitole Geografie v balónovém létání.



Obrázek 2: Proudění vzduchu na Zemi

(GARZINA, Ivan a Jaromír DEMEK. Ze středu Země až nad oblaka: pro základní školy včetně škol s výukou podle vzdělávacího programu obecná škola : 6. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, 66 s. Učebnice pro základní školy (Práce). ISBN 80-718-3048-8.)

## 1.3 Synoptické objekty

### 1.3.1 Vzduchové hmoty

Podle Quitta in Horník (1986, s 56) si pod pojmem vzduchové hmoty představíme rozsáhlou hmotu, velikou stovky až tisíce metrů krychlových, která má velmi podobné fyzikální vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti patří například teplotní zvrstvení, průzračnost, vlhkost. Jiné fyzikální vlastnosti získává vzduchová hmota, jeli delší dobu pod vlivem určitého území.

Vzduchové hmoty dělíme na čtyři skupiny: rovníkové, tropické, mírného pásu neboli polární a arktické (též antarktické). Přemísťováním vzduchových hmot si dané hmoty udržují své vlastnosti po dlouhou dobu a ovlivňují jimi své okolí, neudrží si je však po celou dobu. Procesu, kdy se dané vzduchové hmoty mění podle okolí, říkáme transformace vzduchové hmoty. Dále vzduchové hmoty rozlišujeme na teplé a studené. Jestliže daná teplá vzduchová

hmota postupuje do studeného prostředí, otepluje tak okolí, ale poté se sama následně ochlazuje. Opačně tomu bude u studené vzduchové hmoty. (Quitt in Horník, 1986)

### **1.3.2 Atmosférické fronty**

Atmosférické fronty jsou poměrně úzké přechodné vrstvy, které od sebe oddělují vzduchové hmoty mající odlišné vlastnosti /teplota, vlhkost/. Délka fronty je až několik set kilometrů, šířka je většinou jen několik desítek kilometrů. Vertikálně jsou fronty několika kilometrové, často sahají až k tropopauze. Podle svých specifických vlastností rozlišujeme fronty na:

#### **a) Teplá fronta**

Teplou frontu pozorujeme při nárazu lehčího teplejšího vzduchu do hmoty studeného vzduchu. Vzhledem k tomu, že studený vzduch je těžší a je brzděn zemským povrchem, lehčí teplejší vzduch začne vyklouzávat po studeném vzduchu vzhůru. Tento proces způsobuje kondenzaci vodních par a vytváří mohutný oblačný systém – vysoká oblaka, vrstevnatou oblačnost.

Teplá fronta se značí na synoptických mapách pomocí červené čáry s polokruhy.

#### **b) Studená fronta**

Studenou frontu pozorujeme při pohybu těžšího studeného vzduchu do hmoty teplého vzduchu. Bývá ve tvaru klínu, který se pod teplý vzduch podsouvá. Vzhledem k tomu, že studený vzduch je těžší a je zpomalován třením o zemský povrch, je frontální rozhraní velmi strmé. Teplý vzduch poté bouřlivě vystupuje na rozhraní vzduchových hmot do výšky, což velice ovlivňuje druh i tvar oblačnosti. Místo, kde se obě fronty setkají, se nazývá okluzní bod. Existují dva typy studené fronty, rychlá a pomalá studená fronta.

Studená fronta se na synoptických mapách označuje pomocí modré čáry s trojúhelníky ve směru pohybu.

#### **c) Okluzní fronta**

Aby vznikla okluzní fronta, je nutná přítomnost teplé a studené fronty. K vytvoření okluzní fronty dojde, jestliže rychlejší studená fronta dožene pomalejší teplou frontu a dojde k jejich střetu. Základním principem okluzní fronty je to, že teplý vzduch narazí do přízemního studeného vzduchu, je vytlačován a stoupá vzhůru.

### 1.3.3 Tlakové útvary

Tlakové útvary dělíme podle jejich způsobu vzniku, vertikální i horizontální velikosti, podle teploty vzduchu, délky trvání tlakových útvarů apod. Abychom určili přesnou identifikaci tlakových útvarů, musíme znát barické pole a jeho závislost na teplotě. Izobary jsou čáry spojující stejný tlak vzduchu. Na jedné straně izobary bude tlaková níže a naopak na druhé, tlaková výše. Izobary vytváří různé tvary a křivky, které jsou zakresleny v mapách. Díky těmto mapám můžeme rozeznat několik druhů tlakových útvarů:

#### a) Oblast vysokého tlaku – anticyklona

Tlaková výše neboli anticyklona je oblast vysokého tlaku vzduchu, která je ohraničena alespoň jednou uzavřenou izobarou. Centrum nejvyššího atmosférického tlaku se nachází uprostřed oblasti vysokého tlaku vzduchu. Na mapách se toto centrum značí písmenem V – výše. Od nejvyššího atmosférického tlaku, který je ve středu tohoto útvaru, se tlak směrem k okrajům snižuje. Pod pojmem anticyklona si můžeme představit oblast o horizontální velikosti mnoha stovek až tisíc kilometrů v průměru. Většinou bývají tlakové výše rozsáhlejší než tlakové níže.

Charakteristickou vlastností pro tlakovou výši je klesavé proudění z vyšších vrstev troposféry k zemskému povrchu, při kterém dochází k postupnému oteplování a vysušování vzduchu. Při zemi proudí tento teplý vzduch směrem od středu anticyklony k jejímu okraji. Tento proces má za následek rotaci celé masy na severní polokouli ve směru hodinových ručiček. Na jižní polokouli je tomu přesně obráceně. Tyto rotace způsobuje setrvačnost atmosféry Země, vyvolaná otáčením Země kolem své osy – Coriolisova síla, která se na rovníku téměř neprojevuje (projevuje se nadnášením a sklesáváním) – naopak na pólech je největší.

Dle Molnára (1970, s 114) se díky převážnému sestupování vzdušných proudů, předurčuje tlaková výše k převážně hezkému počasí. Tento proces, však nelze potvrdit, neboť počasí v tlakové výši závisí do značné míry na historii vyplňující vzduchové hmoty.

Na území ČR v zimním a podzimním období můžeme pozorovat, jak anticyklona vytváří inverzní oblačnost, mlhy a srážky typu mrholení. Je tomu dáno díky procesu přesunu tlakové výše ze sibiřských oblastí. (Molnár, 1970)

### b) Brázda nízkého tlaku

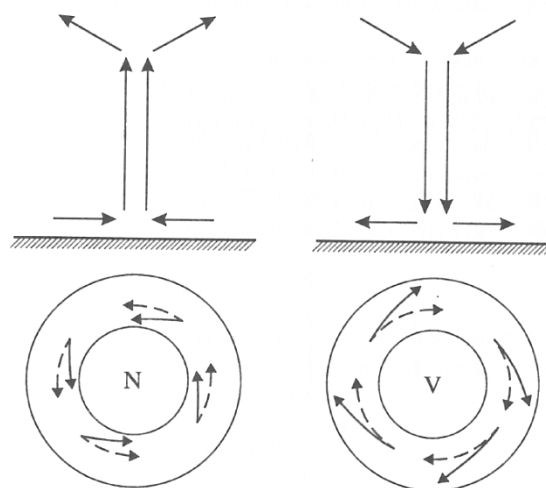
Je protáhlým výběžkem oblasti nízkého tlaku vzduchu. Tento útvar odděluje dvě tlakové výše. Nejnižší tlak se vyskytuje v ose brázdy.

### c) Oblast nízkého tlaku – cyklona

Tlaková níže neboli cyklona je stejně jako anticyklona ohraničena alespoň jednou izobarou. Centrum nejnižšího atmosférického tlaku se nachází uprostřed oblasti nízkého tlaku vzduchu. Na mapách se toto centrum značí písmenem N – níže. Od nejnižšího atmosférického tlaku v tomto útvaru se tlak směrem k okrajům zvyšuje. Charakteristickou vlastností pro tlakovou výši je nasávání vzduchu a vzestupné proudění ze zemského povrchu do vyšších vrstev troposféry, při kterém dochází k postupnému ochlazování a zvlhčování vzduchu. Celá cyklona se pak vlivem Coriolisovy síly roztáčí na severní polokouli proti směru hodinových ručiček a na jižní polokouli zcela obráceně, čili po směru hodinových ručiček.

Dle Molnára (1970) vznikají v cykloně vhodné podmínky pro kondenzaci vodních par, tvoření oblačnosti a srážek. Projevy počasí jsou však závislé na ročním období a místě výskytu.

V letním období přináší cyklona silný vítr a vytrvalé deště. V zimních měsících dochází k oteplování vzduchu.



Obrázek 3: Schéma trojrozměrného proudění v cykloně a anticykloně

(KOPÁČEK, Jaroslav. Jak vzniká počasí. Vyd. 1. V Praze: Karolinum, 2005, 226 s., [16] s. obr. příl. ISBN 80-246-1002-7)

### d) Hřeben vysokého tlaku

Je protáhlým výběžkem vysokého tlaku vzduchu nebo oddělujícím pásmem dvou tlakových níží. Nejvyšší tlak se vyskytuje v ose hřebenu.

## 2 PROVOZOVÁNÍ BALÓNOVÉHO LÉTÁNÍ

V této kapitole se budeme věnovat balónovému létání. Jaká je výbava balónu, co je to obal, koš a hořáky. Jaké jsou známé typy balónů. Dále jak balón funguje, jeho ovladatelnost, při jakých podmínkách se létá a tomu, jak je tento dopravní prostředek bezpečný. Ještě se v této kapitole dozvíme něco málo o sportovním létání.

### 2.1 Princip funkce

Pomocí Archimédova zákona, který zní: „*Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou, která se svou velikostí rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené.*“, může horkovzdušný balón létat. Výsledná vztlaková síla je dána rozdílem sil působících na spodní a horní polovinu ponořeného tělesa (hydrostatický tlak). Platí zde rovnice:

$$FV = \rho_k \cdot g \cdot V = G_k$$

Kde  $\rho_k$  je hustota kapaliny (vzduchu),  $g$  je gravitační zrychlení,  $V$  je objem tělesa (obalu balónu),  $FV$  je vztlaková síla a  $G_k$  je tíhová síla.

Mohou nastat tři různé stavy:

$G_k = FV$  - těleso plave,  $G_k < FV$  - těleso stoupá,  $G_k > FV$  - těleso klesá.

Horkovzdušný balón je aerostat, který létá na hydrostatickou sílu podle Archimédova zákona.

### 2.2 Typy balónů

Balóny rozdělujeme na dva základní typy – horkovzdušné a plynové.

Horkovzdušné balóny tzv. Montgolfiéry využívají jako nosné médium horký vzduch v obalu balónu. Vzduch v obalu balónu je ohříván hořáky, které jsou umístěné pod otevřeným ústím obalu. Balón pak stoupá nebo klesá díky ohřátí nebo ochlazení vzduchu v obalu.

Plynové balóny tzv. Charliery (dle svého vynálezce a Jackgues César Charles – r. 1783) používají jako nosné médium vodík. Dalším typem plynového balónu jsou balóny, jejímž nosným médiem je svítiplyn a nazývají se Greeniery (dle svého vynálezce Angličana Charlese Greena - r. 1821 při letu v Londýně). Obě tato média, vodík i svítiplyn, jsou cenově dostupná, avšak nebezpečná pro posádku balónu pro svou hořlavost a výbušnost. V současné

době se používá pro plynové balóny moderní a bezpečné nosné médium – hélium. Všechny plynové balóny, ať používají jakékoliv nosné médium, jsou zcela uzavřeny. Tento typ balónu je při startu na zemi zcela vyvážen, a aby se vznesl, je třeba jej odlehčit odsypáním patřičného množství písku. Pro naklesání balónu nebo přistání musí pilot odpustit určité množství plynu z obalu horním ventilem.



*Obrázek 5: Horkovzdušný balón*

*(vlastní fotodokumentace)*



*Obrázek 4: Plynový balón*

*(Festo: Gas balloon [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [http://www.festo.com/cms/en\\_corp/9816.htm](http://www.festo.com/cms/en_corp/9816.htm))*

## **2.3 Konstrukce balónu**

### **2.3.1 Koš**

Nejprve pár základních informací o koši. Ten je zavěšen na lemovky obalu a jeho úkolem je nést posádku, palivo, hořáky a další výbavu. Hlavním stavebním materiálem koše je ratanové proutí, ocelové trubky a ocelová lanka. Ratanové proutí se využívá na pletení koše pro své specifické vlastnosti, které dosud nemá žádný jiný moderní materiál. Jsou jimi dlouhá životnost, žádné ostré hrany, dobré tlumení nárazů a krásný vzhled. Nosným rámem jsou dvě ocelové trubky ve tvaru U. Na tyto trubky spojené na dně dřevěnou konstrukcí, je umístěná odolná překližková deska. Ocelová lanka, která drží dohromady koš a hořáky pomocí karabin, vedou skrze ocelové trubky. Poté se k těmto karabinám připíná i obal. K pohodlnějšímu nastupování do koše jsou na delších protilehlých stranách nástupní otvory. Uvnitř koše jsou palivové lahve s plynem, které jsou umístěny v rozích a připevněny popruhy, aby při prudším

přistání nemohly vypadnout z koše. Po vnitřním obvodu koše jsou umístěna provazová madla, sloužící pasažérům k přidržování a to zejména při přistáních.



Obrázek 6: Koš horkovzdušného balónu

(Ultramagic balloon: baskets [online]. [cit. 2013-06-25].  
Dostupné z: [http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-----s34\\_113.html](http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-----s34_113.html))

### 2.3.2 Hořáky

Konstrukce rámu, na které je zavěšen hořák, je umístěna nad košem a při sestavování balónu ji podpírají čtyři pružné tyče. Tyto tyče jsou obepnuty koženými rukávy, které chrání také ocelová lanka spojující koš s obalem balonu, jenž při letu koš nese, a chrání rovněž palivové hadice přivádějící palivo z lahví do hořáků. Hořák je hlavním zdrojem tepla, což je nesmírně důležité pro vertikální pohyb balónu. Médiem pro hořáky je převážně propan (lze použít i LPG), který slouží k vytápění obalu balónu. V lahvích je tento plyn stlačen do kapalného skupenství, hadicí je vyveden do hořáku, pak prostupuje spirálou hořáku, kde se oteplí a přemění na plynné skupenství. Plyn je pak dopraven do tryskoviště otevřením letového ventilu. Nad tryskovištěm jej pilot zapálí piezzo zapalovačem a vytápí obal balónu. Po natopení balónu na požadovanou teplotu se stává celý komplet lehčí okolního vzduchu. Pro zajištění maximální bezpečnosti se každá hořáková jednotka skládá z pilotního ventilu, který udržuje stálý plamínek potřebný k zažehnutí směsi z hlavního letového ventilu, kterým

ovládáme balón po většinu cesty a záložního ventilu, kterému se též říká kravský – je o něco tišší než hlavní hořák a využívá se při přeletech nad dobyt看em a zvěří.



Obrázek 7: Hořáky horkovzdušného balónu

(Ultramagic balloon: burners [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-Burners-s34\\_112.html](http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-Burners-s34_112.html))

### 2.3.3 Obal

Obal je největší částí balónu. Podle (BALÓNY KUBÍČEK SPOL. S.R.O. Letová příručka horkovzdušného balónu 2011 je „*Přírodní tvar pláště je navržen tak, aby veškerá zatížení od hmoty koše přenášely svislé nosné lemovky. Textilie přenáší pouze horizontální síly od přetlaku. Plášť je sestaven z poledníků. Jednotlivé poledníky jsou sešity z textilních panelů.*“. Všechny poledníky se sbíhají do korunového kruhu v nejvyšším bodu obalu. Za tento korunový kruh je pak přichyceno tzv. korunové lano, kterým se obal po přistání stáhne k zemi. Korunové lano má též důležitou funkci při natápění balónu. Dále jsou na povrchu pláště obalu horizontální lemovky, které dělí balón na menší plochy. Funkcí těchto lemovek je zabránění případnému úplnému potrhání obalu. Tvar obalu je tedy podobný hrušce. Čím je obal užší, tím je aerodynamičtější a jeho letecké vlastnosti jsou výhodnější. Nejdůležitější vlastností obalu je neprodyšnost. Materiál, z kterého je obal vyroben je speciální látka z polyamidu či polyesteru a díky jejím vlastnostem se teplý vzduch udrží uvnitř obalu. Ochlazováním okolním vzduchem se snižuje teplota uvnitř obalu, a proto ho musíme neustále dotápět, abychom neztratili vztlak balonu. Obal má několik částí. V okolí ústí obalu je textilie ze speciálního nehořlavého materiálu. Od ní vede dolů k hořákům ochranná plachta, tzv. Skúp



(či scoope), který chrání plamen hořáků před nárazy větru. V horní části je vypouštěcí otvor - paraventil neboli „poklička“, která je připnuta při plnění obalu studeným vzduchem na suchých zipích. Tyto suché zipy neboli velcra drží paraventil na svém místě. „Pokličku“ můžeme ovládat pomocí ovládacího lana vedoucího do koše k pilotovi. Zatažením za ovládací lano se pomocí kladek paraventil otevře a tím vznikne mezera mezi ním a obalem. Hlavním záměrem paraventilu je odventilování teplého vzduchu z obalu, které způsobí ztrátu vztlaku. Paraventil slouží hlavně při manévrování na přistání, ale také pro rychlé vyprázdnění teplého vzduchu z obalu. Tato



*Obrázek 8: Obal horkovzdušného balónu (vlastní fotodokumentace)*

část obalu je značně důležitá pro sportovní létání, kdy pilot potřebuje rychle manévrovat s balónem. Další částí u větších obalů bývá zpravidla rotační ventil, který slouží k otáčení balónu kolem své osy a je umístěn těsně pod rovníkem obalu.

### **2.3.4 Ostatní výbava**

Základní povinná výbava je pro všechny piloty stejná. Nejdůležitější věcí, kterou by pilot měl mít neustále u sebe, jsou alespoň dva zdroje ohně – zápalky nebo zapalovač. Další výbavou jsou komunikační prostředky, jako je letecká vysílačka, která umožňuje spojení s okolními letišti a letadly, civilní vysílačka, která zajišťuje komunikaci s pozemním doprovodem. Neměl by chybět teploměr vzduchu v obalu, variometr (výškoměr), palivoměr, tavná pojistka pod korunou obalu, která je součástí látkové fléry. Ta se při přetopení obalu horkým vzduchem roztaví a fléra spadne do koše balónu. Pilotovi tak signalizuje dosažení maximální přípustné teploty vzduchu v horní části obalu. Ve výbavě nesmí dále chybět ochranné prostředky jako je krabička první pomoci, přenosný hasicí přístroj, hasicí rouška a vlečný popruh. Pilot musí mít v koši i všechny patřičné dokumenty, které jsou vyžadovány Úřadem pro civilní letectví. Ostatní výbava zahrnuje ventilátor, který slouží při plnění balónu studeným vzduchem, kotvící lano, nezbytné pro bezpečný start balónu a brašnu na přepravu a skladování obalu balónu.

## **2.4 Ovladatelnost**

Ovladatelnost balónu je částečná. Balón se dá řídit nastoupáním nebo naklesáním do určité vzduchové vrstvy. Tyto vrstvy se pohybují často různým směrem, a tak se snaží pilot

jejich výběrem dostat balón tam, kam potřebuje. Nebývá to ale vždy pravidlem. Další možností ovládání balónu, je kopírování terénu a využití orografie terénu a dalších přírodních vlivů a zákonitostí, kterým se budeme věnovat v následujících kapitolách.

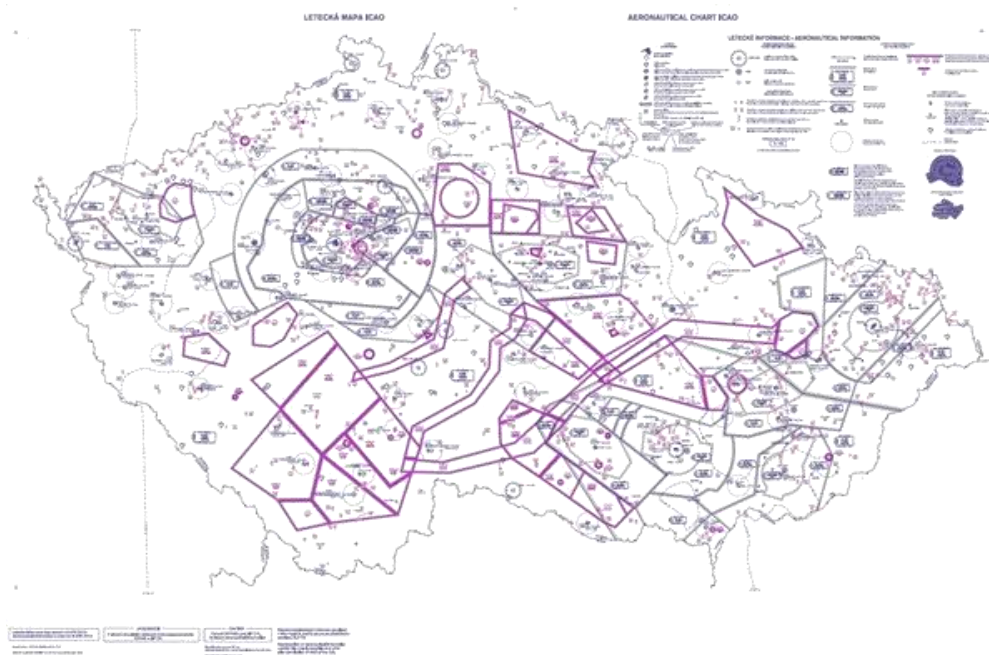
## **2.5 Kdy se létá**

Balónem se dá létat pouze za specifických a zcela klidných meteorologických podmínek. Jednou z věcí, která zásadně ovlivňuje let horkovzdušného balónu je termické proudění vzduchu (konvekce), které je rozdílné v letním a zimním období a může mít fatální následky na bezpečnost letu balónem.

Balón dále nelze bezpečně, bez rizika, provozovat v silném větru, v bouři, dešťové či sněhové přehánce a za jiných nestabilních povětrnostních podmínek. Za normálních okolností lze s balónem odstartovat při rychlosti přízemního větru do 4 metrů za vteřinu (cca 14 km/h). Při silnějším větru lze balón velmi špatně nafouknout, a tudíž vzniká větší riziko poškození balónu při startu a následně při přistání, a ve vzduchu je aerostat hůře ovladatelný.

## **2.6 Kde se létá**

Balón může startovat kdekoli na Zemi za dodržení leteckých předpisů patřící země. Ideální podmínky pro výběr startovního místa balónu musí splňovat několik kritérií. Měl by to být prostor krytý před větrem například údolí nebo louka ve větrném stínu za lesem o rozměrech cca 50x50 m (nebo přiměřených velikosti balonu), kde ve směru vzletu není elektrické vedení nebo jiné překážky neumožňující bezpečný start balónu. Pro výběr místa startu jsou rozhodující geografické podmínky a také souhlas majitele pozemku. Za letu se každý pilot balónu musí řídit pravidly provozu v leteckých prostorech, které jsou definovány úřadem civilního letectví patřící země. Pilotovi pro orientaci v těchto leteckých prostorech ve směrech vertikálních i horizontálních slouží tzv. ICAO mapa. ICAO mapa definuje vertikální a horizontální rozdělení vzdušných prostorů a pravidla pro provoz letadel a dalších strojů v těchto prostorech.



Obrázek 9: ICAO mapa

(Magazín letiště České republiky: aktuality [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: <http://www.letistecr.cz/aktuality/nova-tratova-a-icao-mapa-cr.aspx>)

## 2.7 Bezpečnost

Podle oficiálních statistik (dle počtu přepravených osob) je horkovzdušný balón nejbezpečnějším leteckým dopravním prostředkem na světě – je ještě cca stokrát bezpečnější než let letadlem. Vysoká bezpečnost letu horkovzdušného balónu je dána jeho konstrukční jednoduchostí. Pilot balónu musí splnit náročné pilotní zkoušky, které jsou podobné se zkouškami pilotů například velkých dopravních letadel. Balón je považován za letadlo, je mu přiděleno imatrikulační číslo např. OK 2008 a vztahují se na něj stejné nároky na pravidelnou technickou kontrolu a servis jako např. na dopravní letadlo typu Boeing 747. Zásadním faktorem pro bezpečné provedení letu horkovzdušného balónu je tedy sám pilot, který musí mít patřičný pilotní průkaz, zdravotní certifikaci, je každoročně proškolen a má dostatek zkušeností s pilotováním horkovzdušného balónu.

## 2.8 Sportovní létání

*„Sportovní létání v ČR je součástí FAI - světové letecké federace, která má svou mezinárodní balónovou organizaci. Sdružuje 10 tisíc pilotů ze čtyřiceti zemí světa. Pro sto nejlepších se každý lichý rok organizuje Mistrovství světa. Balóny soutěží ve dvou desítkách různých disciplín daných pravidly, většinou se jedná o lety na vzdálenost nebo na cíl. Nejlepší piloti po hodinovém letu z povinné vzdálenosti několika kilometrů naletí na cíl s balónem "unášeným větrem" s centimetrovou přesností.“* (Kubíček balloons: přehled schválených

příruček [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: <http://www.kubicekballoons.cz/cesky/podpora/prirucky.php>)

Pro dosažení nejlepších sportovních výsledků při balónových soutěžích je nejdůležitější přesnost odhozu markeru (značky balónu) na soutěžní kříž z koše balónu. Rychlost stoupání a klesání ve vzduchových vrstvách má rozhodující vliv na přesnost odhozu. Pokud se např. balón může dostat ke kříži jenom ve vrstvě vzduchu, která je velmi vysoko – např. 1000 metrů nad zemí a ostatní vrstvy vzduchu pod ní mají jiný směr, které by balón odchýlily od cíle, je velmi důležité co nejrychlejší proklesání těchto vrstev balónem. Proto má obal sportovního balónu tvar švestky, je štíhlý s aerodynamickým náběhem na obou koncích. Rychlost klesání a stoupání takového typu balónu je daleko větší než u komerčních balónů, který mají kulatý tvar. Sportovní balón může dosáhnout rychlost klesání a stoupání až 12 m/s (cca 43 km/hod). Pro navádění balónu na cíl využívá pilot různých vrstev vzduchu, které mají v různých výškách odlišný směr, někdy se stane, že vzduchové vrstvy jdou dokonce proti sobě. Při navádění balónu blízko nad zemí pilot využívá orografii terénu – ovlivnění směru toku vzduchu přes překážky, kopce, údolí atd.

V České republice probíhá každý rok mistrovství ČR v balónovém létání.



Obrázek 10: Porovnání závodního balónu (vlevo) s komerčním balónem (vlastní dokumentace)

### 3 GEOGRAFIE V BALÓNOVÉM LÉTÁNÍ

#### 3.1 Místní proudy

Místní proudění, je charakteristické jen pro danou oblast. Může nastat projevem místního cirkulačního systému – bríza, horské údolní větry, nebo vlivem na povrch místního reliéfu všeobecným prouděním – fén, bóra.

Pro lepší pochopení těchto jevů musíme připomenout adiabatický proces a to zejména suchou a vlhkou adiabatou, dále stabilní a instabilní vzduchové hmoty.

##### a) Stabilní vzduchové hmoty

Podle Kunice (1952, s 94): „*Stabilní vzduchové hmoty vznikají postupným ochlazováním zdola. Přitom se přízemní vrstva přibližuje k stavu nasycení. Protože současně brání stabilita zvrstvení vzduchovým hmotám přenosu vlhkosti do výše, mohou v její přízemní vrstvě v rozsáhlém prostoru vznikat mlhy.*“

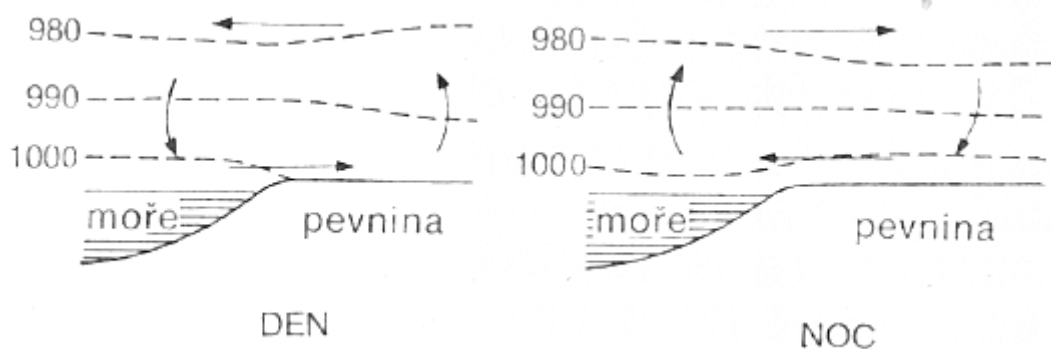
##### b) Instabilní zvrstvení atmosféry

O instabilních hmotách píše Kunic (1952, s 96) toto: „*Poněvadž ve spodních vrstvách instabilní vzduchové hmoty se vyvíjejí silné výstupné a sestupné proudy, nevznikají tu podmínky pro vytváření advektivních mlh nebo souvislých oblačných vrstev. Naopak pro instabilní vzduchové hmoty je příznačná konvektivní oblačnost.*“

Suchá adiabata neboli nenasycená se na každých 100 metrech ochladí o 1°C. Je to vzestupný pohyb nenasycené vzduchové částice, který se za podmínky instability vzduchových vrstev postupně nasycuje. Až dojde do výstupné kondenzační hladiny, kde se přeměňuje na vlhkou neboli nasycenou adiabatou. V této vlhké adiabatě dochází k úniku skrytého neboli latentního tepla, díky kterému je vzestup vzduchové částice ochlazen pouze o 0,6°C na 100 metrech převýšení. Tento děj probíhá za podmínek, že okolní vzduch je chladnější než teplota stoupající částice.

##### a) Bríza

Je vítr, který se vyskytuje na mořích a březích jezer. Pro tento typ větru je charakteristická změna proudění během dne a noci. Příčinou tohoto vzniku jsou rozdílné teploty nad povrchem vody a povrchem země. Ve dne je teplota nad povrchem země daleko vyšší než nad vodou. Ohřátý vzduch nad pevninou stoupá vzhůru a přemísťuje se nad vodu. V noci celý proces funguje obráceně.



Obrázek 11: Schéma brízové cirkulace v periodě dne s vyznačením izobar (čárkovaně) a proudnic (plně)

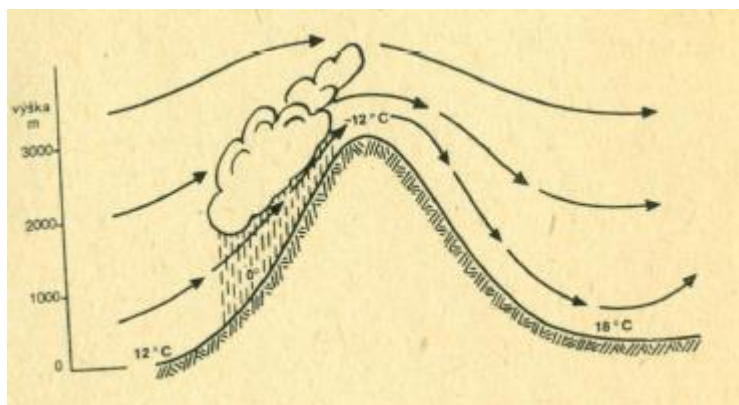
(NETOPIL, R. A KOL. Fyzická geografie I. Praha: SPN, 1984.)

### b) Horský a údolní vítr

Je to místní vítr. Popíšeme si ho níže detailněji s aplikací na Libereckou kotlinu.

### c) Fén

Tento druh větru je typický tím, že vítr je zde velmi suchý a vane z hor. Tento proces funguje na základě rozdílnosti tlaku vzduchu na obou stranách horského hřebtu. Vzhledem k tomu, že je vítr nasáván směrem do tlakové níže, musí překonat horský hřbet a strmě stoupat. Tím mění své vlastnosti.



Obrázek 12: Změny teploty vzduchu při fěnu

(Horník, S. a kol. Fyzická geografie II.. SPN Praha, 1986)

### d) Bóra

Charakteristické pro Bóru je, že tento horský vítr přináší do údolí studený vzduch. Děje se tak tehdy, když studená pevninská vzduchová hmota pronikne k horskému hřebenu a to

v blízkém okolí mořského pobřeží. Horský hřeben tuto studenou vzduchovou hmotu zadržuje do té doby než přes ni přeteče, vlivem nasávání tlakové níže. Bóra dosahuje vysokých rychlostí až 40 m/s. Bóra je typická pro oblast Terst v Itálii.

### **3.2 Vznik termické konvekce a proudění vzduchu**

Jedním ze spouštěcích mechanismů termické konvekce musí být dostatek tepelné energie (slunce) způsobující teplotní rozdíly v krajině. Dalším faktorem, který má vliv na vznik termické konvekce je terén - jeho barevná pestrost, tepelná kapacita, tvarová proměnlivost a postavení vůči převažujícímu proudění vzduchu. Turbulence v přízemních vrstvách silně podporuje termické proudění.

Podle místních podmínek termiku způsobuje sílíci sluneční záření, které působí na prohřívání povrchu země a následně vzduchových mas. Tyto vzduchové útvary rozdílných velikostí se pak těsně nad zemí v důsledku sílícího slunečního záření oteplují, začínají narůstat a dále se prohřívají, až se prohřejí natolik, že se od země uvolní a začnou stoupat vzhůru. Na základě tohoto principu pak dojde k neuspořádaným vertikálním pohybům vzduchových mas. Tyto vzduchové útvary mohou mít různou velikost, dle místních podmínek a mohou obsahovat až tisíce m<sup>3</sup> vzduchu. Tím, jak prohřáté masy vzduchu stoupají vzhůru a rozráží chladnější vzduch nad sebou, se po okrajích stoupající masy vytváří klesavé proudy vzduchu. Ohřátá stoupající masa vzduchu se neustále ochlazuje, až dojde ke kondenzaci. Po zkondenzování tyto masy dosáhnou určité výše, někdy mohou nastoupat až do výše 3000 - 4000 metrů nad mořem. Lidem se ze Země jeví v podobě jednotlivých bílých ohraničených obláčků (termické mraky) na jinak čistě modré obloze.

V tomto místě se následně celý proces vzniku znovu opakuje. Tímto procesem vzniká mezi různě se pohybujícími vzduchovými vrstvami termický vítr.

#### **3.2.1 Cyklický vývoj termiky v otevřené krajině a její vliv na let balónu**

Každý pilot balónu se ve své praxi setká mnohokrát s projevy slabší či silnější termiky. Je to způsobeno tím, že nelze přesně odhadnout, kdy termika vznikne a jak bude silná. Při letu balónem by měl pilot znát počáteční projevy vzniku termiky, a pokud se do ní dostane, měl by vědět, jak na danou situaci reagovat. Termická bublina podle zkušeností pilotů horkovzdušných balónů může mít vzestupnou rychlost od 1 do 5 m/s a může vystoupat až do výše 3000 metrů nad mořem. Naopak sestupné proudy na krajích mívají rychlost menší od 1 do 3 m/s. Vzhledem k tomu, že standartní horkovzdušný balón o velikosti cca 3000 m<sup>3</sup> je



schopen stoupat maximální rychlostí cca 5 m/s, měl by být teoreticky schopen se vymanit z klesavého proudu. Situace ale může být pro balón velmi nebezpečná v přízemní termické vrstvě cca 30 metrů nad zemí, kdy se balón může dostat do klesavého proudu, ale pilot nestačí díky velké setrvačnosti balónu vyrovnat vztlak v klesavém proudu nebo ho uvést do stoupání. Při takto malé výšce hrozí nebezpečí pádu balónu na zem nebo kontaktu s elektrickými dráty, komíny, střechami budov, stromy a apod. V opačném případě, kdy se balón dostane do stoupavého termického proudu, může docházet ke stříhům větrů, které mohou z obalu balónu vytlačit najednou velké množství ohřátého vzduchu, balón ztratí vztlak a hrozí opět jeho pád. V některých případech, kdy je balón unášen stoupavými proudy a pilot správně dotápí obal, aby nepřišel o vztlak balónu, může být balón vynesena velmi vysoko např. až 3000 metrů nad mořem, kde může dojít např. ke srážce s jinými účastníky leteckého provozu.

### **3.2.1.1 Grafické zobrazení vzniku termiky a její cyklus**

#### **1. počáteční přípravná fáze**

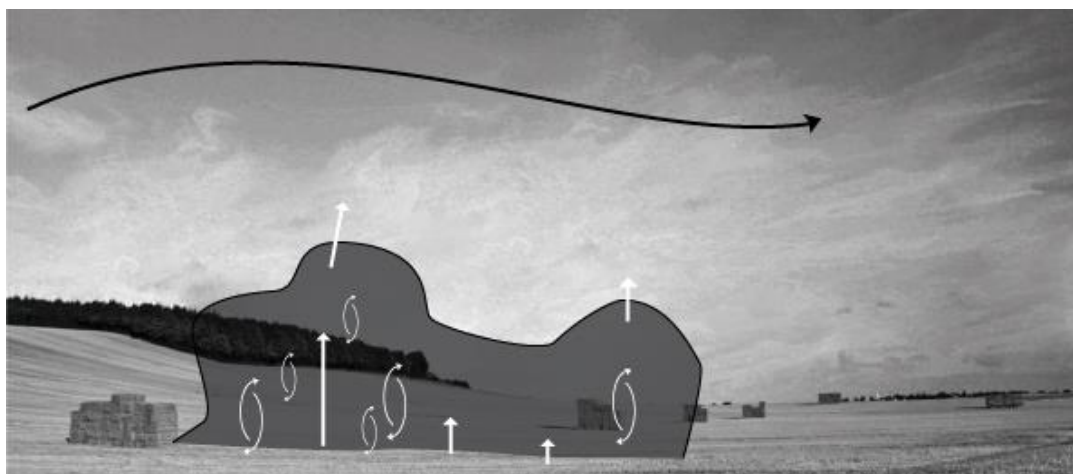


*Obrázek 13: Počáteční přípravná fáze (vlastní zdroj)*

Obvykle se do dvou hodin po východu slunce začnou projevovat první známky termické konvekce. Opticky se projevuje nenápadným nepravidelným vlněním porostu a listů stromů. Teplo se začíná radiací od země přenášet na vzduch a vzniká nízká přízemní turbulence, která sahá do malé výšky nad zemí cca 5 metrů. Proudění větru a let balónu není zatím ve výšce nijak ovlivněn.



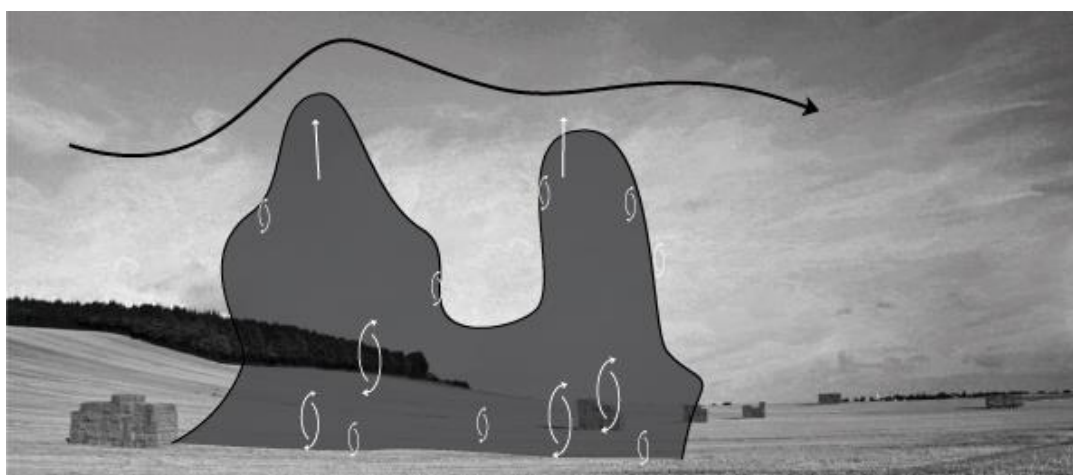
## 2. Fáze začínající termiky



Obrázek 14: Fáze začínající termiky (vlastní zdroj)

Turbulentní výměna tepla při zemi urychluje jeho šíření do výšky až 50 metrů nad zemí. Horní hranice termické bubliny vystupuje nad přízemní vrstvu a stává se výrazně teplejší než okolní vzduch. Díky velkým rozdílům teplot může docházet k nárůstu aerostatického vztlaku. Proudění větru a let balónu není zatím ve větší výšce nijak ovlivněn. Začínající termika se zatím projevuje jen těsně nad horní hranicí termické bubliny.

## 3. Postupující rostoucí fáze

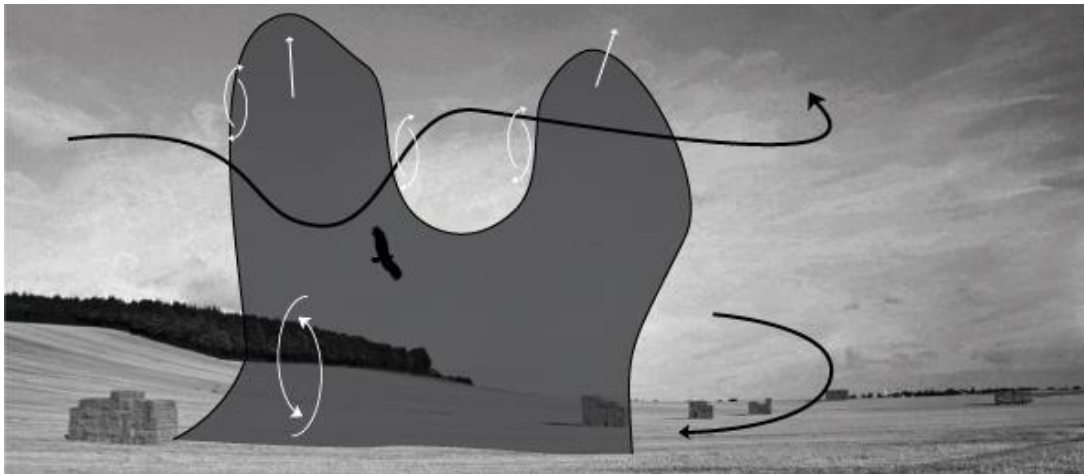


Obrázek 15: Postupující rostoucí fáze (vlastní zdroj)

Nejteplejší vzduch v termické bublině stoupá nejrychleji vzhůru a současně probíhá stálé doplňování tepla od ohřátého zemského povrchu – objem termické bubliny se stále zvětšuje. Proudění vzduchu nad termikou a let balónu je už výrazně ovlivňováno stoupajícím teplým vzduchem. Pilot jej vnímá jako obtížné udržení letové hladiny, balón sám mění výšku

a směr letu. Pilot je zatím schopen včas reagovat a dorovnávat změny výšky. Vítr u země je již výrazně ovlivněn termikou a přistání balónu se stává těžko kontrolovatelným.

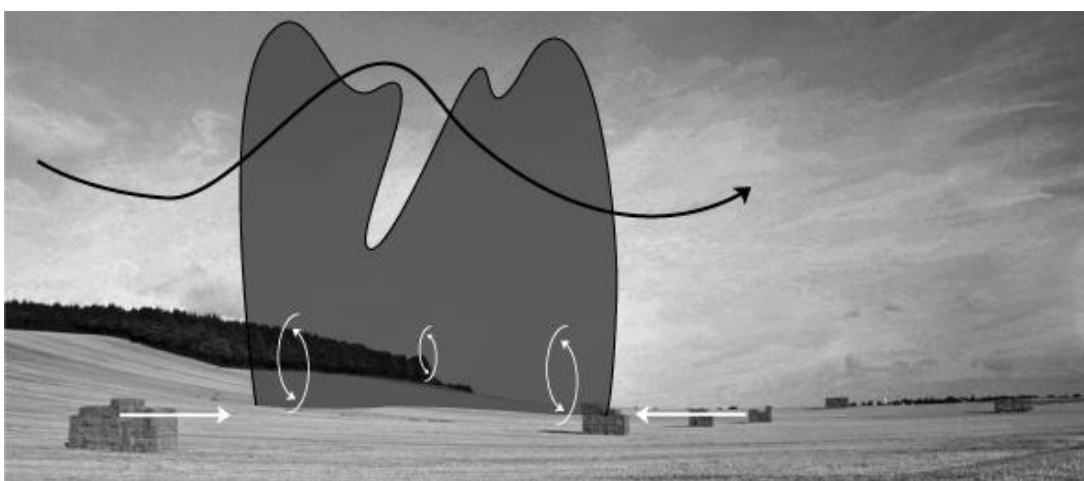
#### 4. Fáze přeměny bubliny na tzv. „komín“



Obrázek 16: Fáze přeměny bubliny na tzv. "komín" (vlastní zdroj)

Termická bublina se může vlivem terénní nekompaktnosti rozdělit na dvě nebo více samostatných jader termiky. Teplý stoupavý proud se mění z bubliny na tzv. komín. Proudnice větru je výrazně zakřivena a pilot balónu jen obtížně dorovnáva letovou hladinu při průletu skrze nesourodé vzduchové masy. Vítr u země je stále více ovlivňován termikou, měkké přistání balónu je téměř nemožné.

#### 5. Počáteční fáze odtržení termických komínů od země.

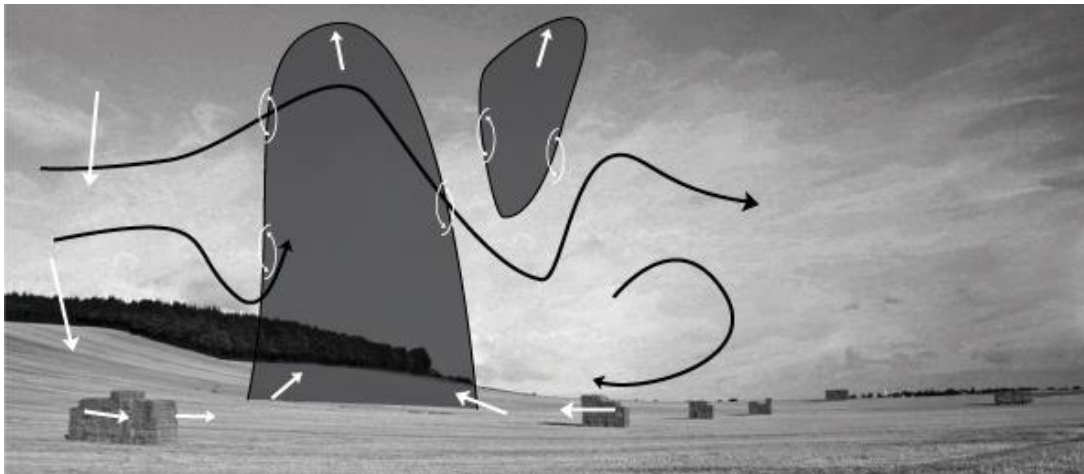


Obrázek 17: Počáteční fáze odtržení termických komínů od země (vlastní zdroj)

Termické komíny se mohou rozvětňovat nebo spojit v jeden silný termický komín. Vazba se zemí se pomalu přerušuje a termická masa má tendenci stoupat. Vítr u země je

nasáván pod termickou masu a vzniká zde silná turbulence. Horkovzdušný balón přestává být ovladatelným.

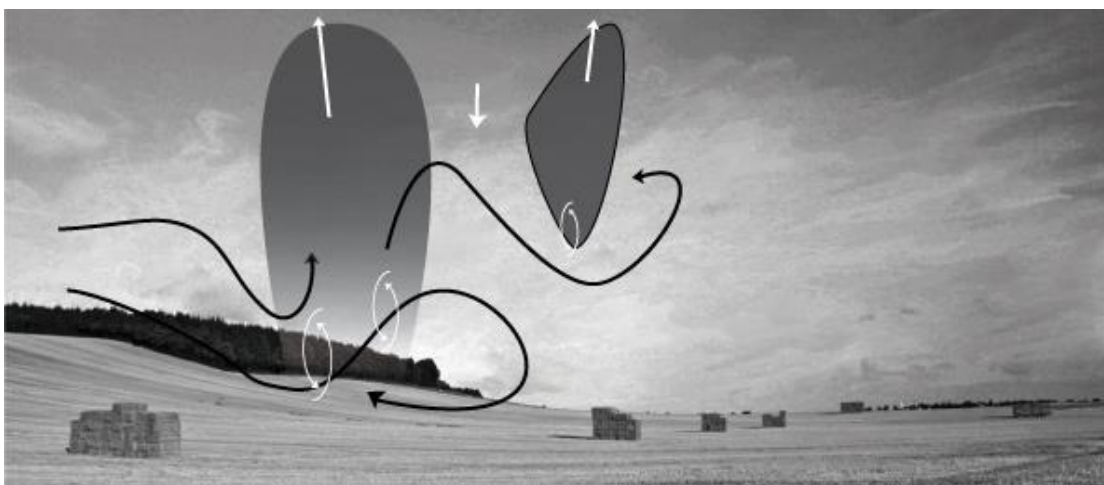
## 6. Fáze cirkulace



Obrázek 18: Fáze cirkulace (vlastní zdroj)

V této fázi dosahuje stoupavý proud komínu maximální rychlost, na okrajích se turbulentně mísí s okolním vzduchem. Pod stoupající masu je nasáván vzduch z okolí a utváří se tím v sousedství stoupajícího vzduchu jeden nebo více kompenzačních sestupných proudů. Vzniká tak cirkulace vzduchu. Od hlavního komínu se může oddělit několik termických jader - bublin, které pak stoupají samostatně. Proudnice větru je silně deformována a pilotovi balónu nezbývá nic jiného, než se pokusit o únik nastoupáním do větší výšky a zkusit přistání na jiném méně termickém prostoru. O přistání by se neměl v takových lokálních podmínkách raději vůbec pokoušet.

## 7. Fáze úplného odtržení termické masy od země



Obrázek 19: Fáze úplného odtržení termické masy od země (vlastní zdroj)

Održením termického stoupavého proudu od země se ukončí dodávka tepelné energie do komínu. Pokud jsou splněny podmínky instability, nenasycený teplý vzduch pak dále stoupá a ochlazuje se. Proudnice větru je zcela rozbita a balón je unášen vzhůru společně s termickou masou vzduchu. Pilot musí udržovat správný přetlak v obalu a čeká, než jej termická masa „pustí“. Většinou se pak s balónem dostává do klesavého proudu a nastává opačný problém. Topením musí dohřát obal tak, aby došlo k neutrálnímu vztlaku a odvrátil tak nebezpečí sražení balónu na zem.

## 8. Fáze dalšího cyklu nové termické bubliny



Obrázek 20: Fáze dalšího cyklu nové termické bubliny (vlastní zdroj)

Pod stoupavou termickou masou se stále nasává okolní vzduch, který se začíná okamžitě prohřívát. Pomalu se tak připravuje další termický cyklus.

## 9. Fáze kondenzace



Obrázek 21: Fáze kondenzace (vlastní zdroj)

Nenasycený vzduch se při výstupu stále ochlazuje, až dosáhne kondenzační hladiny. Při dostatečném nasycení se utvářejí kupovitá oblaka. Uprostřed stoupavého proudu se může vytvořit kapsa s chladnějším vzduchem, která se propadá dolů. Tím, že je termická bublina zcela odtržena od země, se vítr při zemi uklidňuje a nastává o to silnější prohřev přízemní vrstvy vzduchu.

## 10. Fáze nulového vztlaku termické masy



Obrázek 22: Fáze nulového vztlaku termické masy (vlastní zdroj)

Dokud má termická masa energii potřebnou k překonání vlastní tíhy – stále stoupá. Tato energie je dodávána teplotním rozdílem mezi okolní atmosférou a vzduchem v termickém proudění. Jakmile se rozdíl teplot srovná, nastane nulový vztlak a výstup termické masy se nakonec zastaví. Vítr u země je již zcela klidný bez známek předchozího odpoutání



termického masu. Pokud se pilotovi podaří naklesat s balónem do tohoto místa, je ideálním prostorem pro přistání.

## 11. Fáze rozpouštění



Obrázek 23: Fáze rozpouštění (vlastní zdroj)

Po dovršení maximálního nasycení se kupovitý oblak začíná rozpouštět. Ochlazený vzduch stéká do klesavých proudů, které jsou zpravidla třetinové až poloviční oproti vertikálním rychlostem stoupavých proudů. Pokud je pilot s balonem ve větší výšce, má šanci v klesavém proudu dorovnat vztlak a úspěšně přistát. Na zemi se už silně prohřívá další termická bublina – začíná nový termický cyklus. Tyto cykly, se pak spouští v závislosti na počasí v pravidelných časových intervalech.

Aby se pilot pokud možno mohl vyhnout termickému proudění vzduchu, musí létat s balónem v době, kdy je termika velmi slabá nebo téměř žádná. Vzhledem k tomu, že spouštěcím mechanismem termiky je nerovnoměrné prohřívání povrchu země, musí pilot vědět přesné časy východu a západu Slunce pro oblast, ve které chce uskutečnit let balónem. Nejlepší dobou pro let balonem v letním období je brzké ráno, kdy je termika ještě velmi slabá nebo pozdnější večer, kdy už termika ztrácí na síle. Let by měl být ráno dokončen do dvou hodin po východu Slunce a večer by měl balón startovat nejdříve 2 hodiny před západem Slunce.

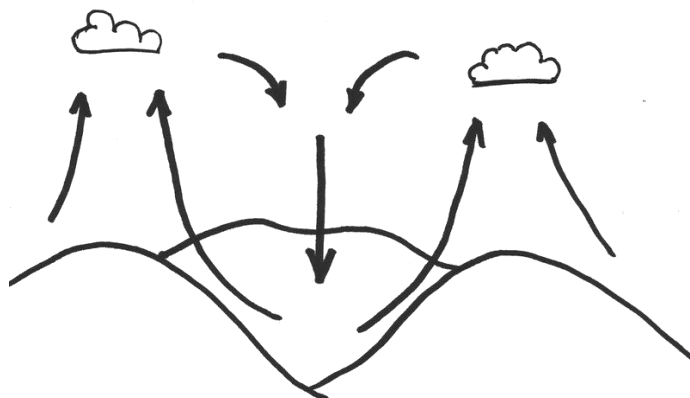
### 3.2.2 Denní a noční fáze konvekce a proudění vzduchu v údolí s aplikací na Libereckou kotlinu

Město Liberec leží mezi dvěma výraznými reliéfy. Ze západu ohraničuje město Ještědsko-kozákovský hřbet, z východu jsou to Jizerské hory, tímto vzniká mezi těmito hřbety

jakési údolí. Není to právě typické údolí, ale i takovéto údolí si může vytvořit během termických dní své vlastní mikroklima. Popíšeme si tedy na tomto příkladu fáze údolního větru, které může být pro balóny vodítkem k ovládnání letu.

#### *a. Dopolnední cirkulace*

Během dopolední fáze, kdy slunce stoupá na oblohu, se prohřívá povrch země, nejdříve začíná svými paprsky ohřívát východní, poté jihovýchodní stranu Ještědsko-kozákovského hřbetu a poté, jakmile dosáhne vyššího bodu na obloze i všechny ostatní svahy. Díky tomu, že svahy začínají být prohřáté, vzduch, který je nad nimi, začíná stoupat vzhůru podél svahů. Tomuto ději se říká anabatické proudění a zde dosahuje rychlosti několika m/s. Vznikají tak oblasti stoupavých proudů, nad kterými vzniká oblačnost typu Cumulus. Uprostřed údolí vzniká jakási vzduchová trhlina, která je doplňována klesavými proudy.

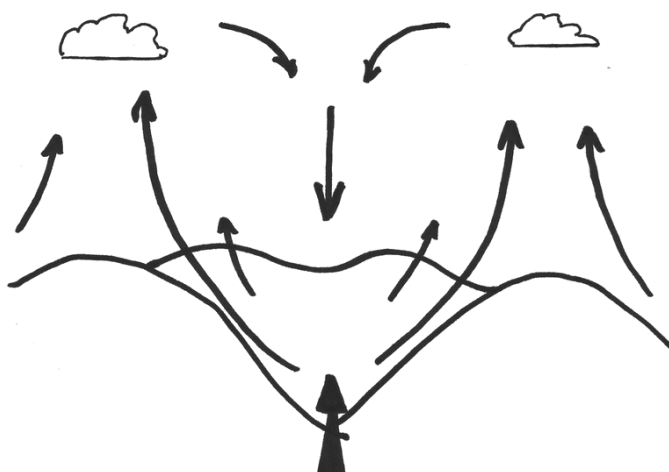


*Obrázek 24: Dopolnední cirkulace*

(Elspeedo: Horské a údolní proudění [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html](http://www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html))

#### *b. Odpolední cirkulace*

Z Liberecké kotliny tak vybíhá vzduch pomocí anabatického proudění, které je po poledni nejsilnější. Toto proudění způsobuje, že vzduch uprostřed údolí se musí odněkud doplňovat. Vzniká zde údolní vítr, který může být velmi silný. Tohoto počasí využívají především piloti bezmotorových letadel k dlouhým létům. S balónem bychom měli přelétávat údolí nad nejužšími místy a přistávat bychom měli uprostřed údolí, kde se údolní vítr může rozptýlit do všech stran.

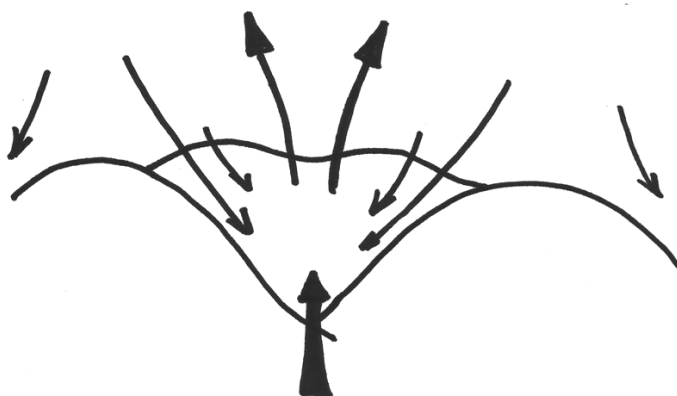


Obrázek 25: Odpolední cirkulace

(Elspeedo: Horské a údolní proudění [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html](http://www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html))

#### c. Večerní katabatické proudění

Během pozdních odpoledních hodin sluneční záření slábne a intenzita prohřívání zemského povrchu klesá. Svahy nejsou již dostatečně prohřáté a vzduch po nich stéká dolů. Tento děj nazýváme katabatickým prouděním. A protože se údolí začíná plnit vzduchem stékajícím podél svahu hor, nad středem údolí se začíná tvořit stoupavý proud. Je tomu tak kolem dvou hodin před západem slunce.



Obrázek 26: Večerní katabatické proudění

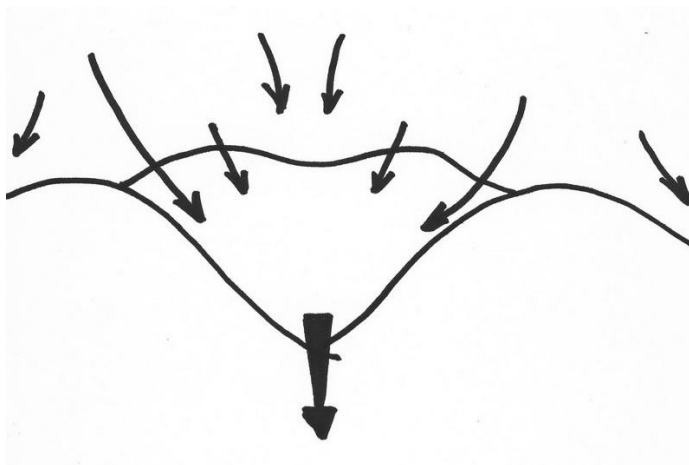
(Elspeedo: Horské a údolní proudění [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html](http://www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html))

#### d. Noční katabatické proudění

Postupem času se údolí začne plnit studeným vzduchem. Může za to vliv gravitace, která stáhne vzduchovou hmotu, která se během dne pomocí termiky vytvořila nad údolím.



Těž vzduch, který stéká po svazích, začne naplňovat údolí a následně obrátí směr větru v údolí dolů. Tento děj začíná probíhat asi dvě hodiny po západu slunce, následně trvá až do východu slunce, kdy se začíná celý koloběh opakovat.



*Obrázek 27: Noční katabatické proudění*

*(Elspeedo: Horské a údolní proudění [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html](http://www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html))*

### **3.2.3 Roční období a jeho vliv na vývoj termiky**

V létě lze lety balónem uskutečnit ráno do dvou hodin po východu Slunce a večer do dvou hodin před západem Slunce, kdy je termické proudění vzduchu ještě slabé. Pilot v letním období startuje s balónem podle tabulky východu a západu Slunce v dané lokalitě. Naopak v zimním období, kdy je povrch Země pokryt sněhem a akumulace a vyzařování tepla je všude přibližně stejná, je termické proudění vzduchu velmi slabé a umožňuje tak létat horkovzdušným balónům kdykoliv během dne. V zimě se tak dají létat např. tří až pětihodinové přelety přes Alpy. Využívá se zde streamového větru ve výškách cca 4500 m. n. m. Tento streamový vítr zde může dosahovat rychlosti až 150 km/hod.

Východy a západy Slunce pro												P R A H U		v zimním období nutno přičíst 1 hod v letním období nutno přičíst 2 hod																					
Souřadnice místa: E014°16', N50°06'																								(Světový čas)											
Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		June		July		Aug.		Sept.		Oct.		Nov.		Dec.													
Day	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set	Rise	Set													
	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m													
01	0702	1511	0637	1557	0547	1645	0440	1735	0340	1822	0259	1904	0257	1916	0332	1846	0417	1748	0503	1642	0552	1540	0640	1504											
02	0702	1512	0636	1558	0545	1646	0438	1736	0338	1823	0258	1905	0258	1916	0333	1845	0419	1745	0504	1640	0554	1538	0641	1503											
03	0702	1513	0634	1600	0543	1648	0436	1738	0336	1825	0257	1905	0259	1915	0334	1843	0420	1743	0506	1638	0556	1537	0642	1503											
04	0702	1514	0633	1602	0541	1650	0434	1739	0334	1826	0257	1906	0259	1915	0336	1841	0422	1741	0507	1635	0557	1535	0644	1502											
05	0701	1516	0631	1603	0539	1651	0432	1741	0333	1828	0256	1907	0300	1914	0337	1840	0423	1739	0509	1633	0559	1533	0645	1502											
06	0701	1517	0630	1605	0537	1653	0429	1742	0331	1829	0255	1908	0301	1914	0339	1838	0425	1737	0510	1631	0601	1532	0646	1501											
07	0701	1518	0628	1607	0534	1654	0427	1744	0329	1831	0255	1909	0302	1913	0340	1836	0426	1735	0512	1629	0602	1530	0647	1501											
08	0700	1519	0626	1609	0532	1656	0425	1746	0328	1832	0254	1910	0303	1913	0342	1835	0428	1732	0513	1627	0604	1529	0648	1501											
09	0700	1520	0625	1610	0530	1658	0423	1747	0326	1834	0254	1911	0304	1912	0343	1833	0429	1730	0515	1625	0606	1527	0649	1501											
10	0659	1522	0623	1612	0528	1659	0421	1749	0324	1835	0254	1911	0305	1911	0345	1831	0431	1728	0517	1623	0607	1526	0651	1501											
11	0659	1523	0621	1614	0526	1701	0419	1750	0323	1837	0253	1912	0305	1911	0346	1829	0432	1726	0518	1620	0609	1524	0652	1501											
12	0658	1525	0619	1616	0524	1703	0417	1752	0321	1838	0253	1913	0306	1910	0347	1828	0434	1724	0520	1618	0611	1523	0652	1500											
13	0658	1526	0618	1617	0522	1704	0415	1753	0320	1840	0253	1913	0308	1909	0349	1826	0435	1722	0521	1616	0612	1521	0653	1501											
14	0657	1527	0616	1619	0519	1706	0413	1755	0318	1841	0253	1914	0309	1908	0350	1824	0437	1719	0523	1614	0614	1520	0654	1501											
15	0656	1529	0614	1621	0517	1707	0410	1757	0317	1842	0253	1914	0310	1907	0352	1822	0438	1717	0524	1612	0616	1519	0655	1501											
16	0655	1530	0612	1622	0515	1709	0408	1758	0316	1844	0253	1915	0311	1906	0353	1820	0440	1715	0526	1610	0617	1518	0656	1501											
17	0655	1532	0610	1624	0513	1711	0406	1800	0314	1845	0253	1915	0312	1905	0355	1818	0441	1713	0528	1608	0619	1516	0657	1501											
18	0654	1533	0609	1626	0511	1712	0404	1801	0313	1847	0253	1915	0313	1904	0356	1816	0443	1710	0529	1606	0620	1515	0657	1501											
19	0653	1535	0607	1628	0509	1714	0402	1803	0312	1848	0253	1916	0314	1903	0358	1814	0444	1708	0531	1604	0622	1514	0658	1502											
20	0652	1537	0605	1629	0506	1715	0400	1804	0310	1849	0253	1916	0316	1902	0359	1812	0446	1706	0533	1602	0624	1513	0659	1502											
21	0651	1538	0603	1631	0504	1717	0398	1806	0309	1851	0253	1916	0317	1901	0401	1810	0447	1704	0534	1600	0625	1512	0659	1503											
22	0650	1540	0601	1633	0502	1719	0396	1808	0308	1852	0253	1916	0318	1900	0402	1808	0449	1702	0536	1558	0627	1511	0700	1503											
23	0649	1541	0559	1634	0500	1720	0394	1809	0307	1853	0254	1917	0319	1859	0404	1806	0450	1659	0537	1556	0628	1510	0700	1504											
24	0648	1543	0557	1636	0458	1722	0393	1811	0306	1854	0254	1917	0321	1857	0405	1804	0452	1657	0539	1554	0630	1509	0701	1504											
25	0646	1545	0555	1638	0455	1723	0391	1812	0305	1856	0254	1917	0322	1856	0407	1802	0453	1655	0541	1553	0631	1508	0701	1505											
26	0645	1546	0553	1640	0453	1725	0349	1814	0304	1857	0255	1917	0323	1855	0408	1800	0455	1653	0542	1551	0633	1507	0701	1506											
27	0644	1548	0551	1641	0451	1727	0347	1815	0303	1858	0255	1917	0325	1853	0410	1758	0456	1651	0544	1549	0634	1506	0701	1506											
28	0643	1550	0549	1643	0449	1728	0345	1817	0302	1859	0256	1917	0326	1852	0411	1756	0458	1648	0546	1547	0636	1506	0702	1507											
29	0641	1551			0447	1730	0343	1818	0301	1900	0256	1916	0327	1851	0413	1754	0459	1646	0547	1545	0637	1505	0702	1508											
30	0640	1553			0445	1731	0341	1820	0300	1901	0257	1916	0329	1849	0414	1752	0501	1644	0549	1543	0638	1504	0702	1509											
31	0639	1555			0442	1733			0259	1902			0330	1848	0416	1750			0551	1542			0702	1510											

Obrázek 28: tabulka východů a západů slunce (chmi.cz)

### 3.3 Lety balónem v různých geografických podmínkách

Protože se lety horkovzdušným balónem uskutečňují kdekoli na Zemi a v různých ročních obdobích, budeme se zde věnovat popisu proudění vzduchu v různých geografických podmínkách. Protože vzduch je průhledný a lze si velmi špatně představit, jak proudí, bude naším názorným příkladem horkovzdušný balón, který je vzduchem unášen. Můžeme tak lépe pochopit, jak se proudění vzduchu chová v terénu, jak obtéká překážky, proč se zrychluje či zpomaluje.

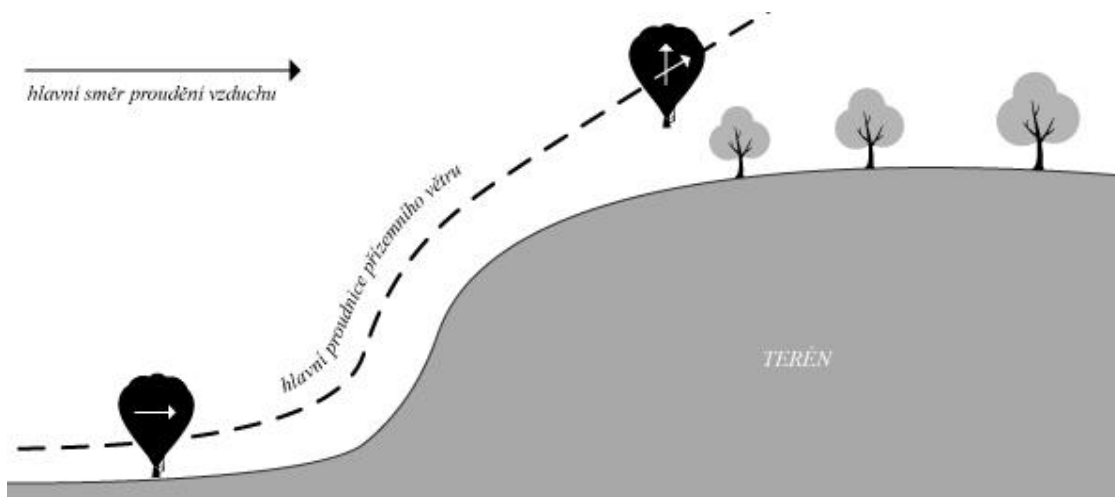
#### 3.3.1 Turbulentní a laminární proudění vzduchu, orografie terénu a její vliv na směr, výšku a rychlost letu balónu

Při proudění kapalin i plynů rozlišujeme dva typy proudění - laminární a turbulentní. Turbulentní proudění vychází z laminárního a tvoří se vždy tam, kde vzduch proudí přes překážky na zemi nebo je ovlivňován jinou vzdušnou masou v atmosféře. Laminární proudění vzduchu se vyskytuje jen zřídka, je charakteristické hladkými, rovnoběžnými proudnicemi. Turbulentní proudění je charakteristické tím, že jeho proudnice se vzájemně proplétají. V balónové praxi se bude jednat ve většině případů o turbulentní proudění vzduchu.

Využívání orografie terénu v balónovém létání, můžeme aplikovat jenom v přízemní vrstvě.

Na následujících modelových situacích si vysvětlíme vliv překážek na proudění větru - změny výšky, rychlosti a směru, využití rotorů před překážkou a za překážkou a možnost navádění balónu na cíl.

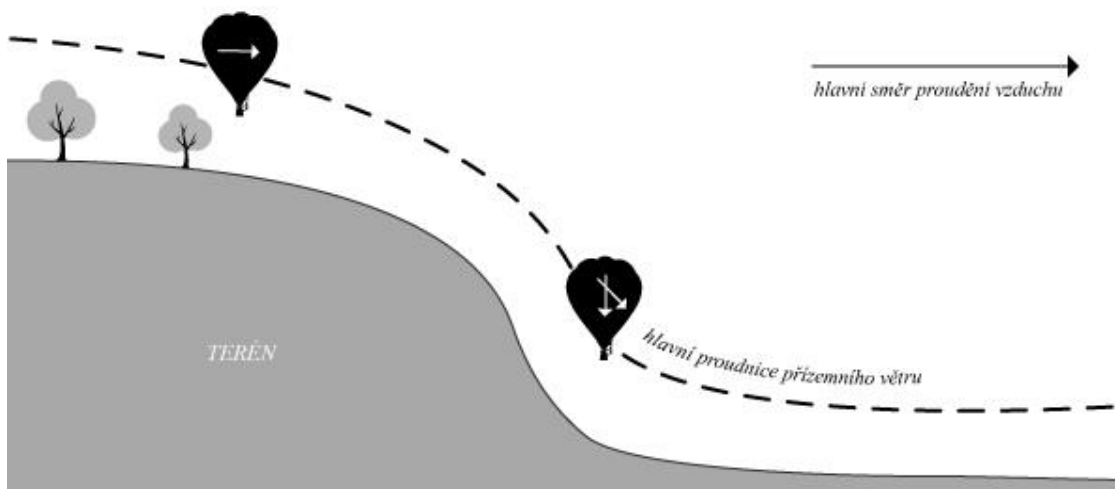
## 1. Nucené stoupání balónu přes terénní vlnu



Obrázek 29: Nucené stoupání balónu přes terénní vlnu (vlastní zdroj)

S touto situací se může pilot balónu setkat v horském terénu, kdy širokým údolím proudí vzduch, proti kterému je postavená vyšší terénní nerovnost a vzduch nemůže překážku obtéct. Hlavní směr proudnice vzduchu se zvedá nad vrcholem terénu vysoko nad něj. Vertikální rychlost stoupání v proudnicové vlně může dosáhnout až 10 m/s. Pilot balónu tuto situaci nemůže nijak řešit, musí naopak stále udržovat dostatečný přetlak v balónu topením.

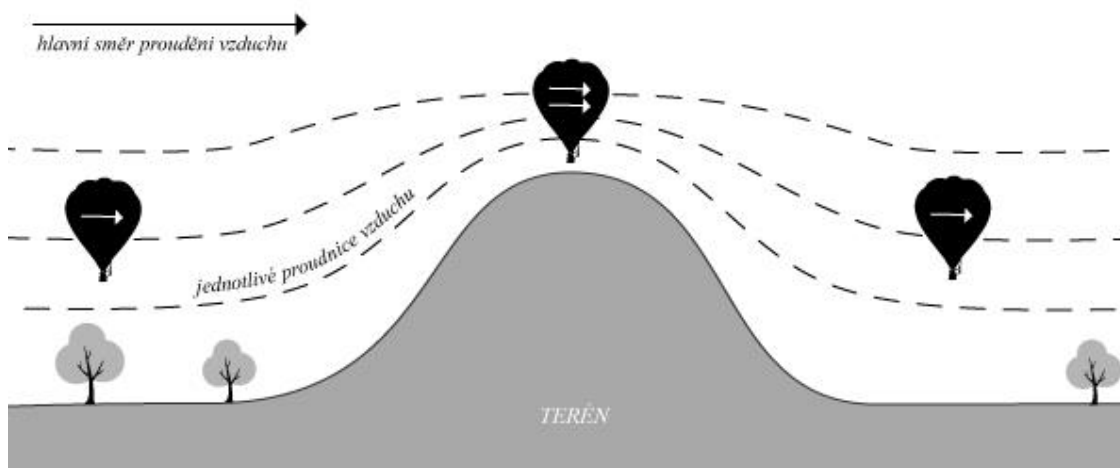
## 2. Nucené klesání za terénní vlnou



Obrázek 30: Nucené klesání za terénní vlnou (vlastní zdroj)

Balón je spolu se stékajícím vzduchem (katabatické proudění) srážen za terénní vlnou do údolí. Pilot může včasným topením získat pozitivní vztlak a dostat se z hlavní proudnice přízemního větru do větší výšky. Proto je nutné při přeletu terénní vlny letět v dostatečné výšce nad ní, aby se balón nedostal do padavého proudu vzduchu za terénní vlnou.

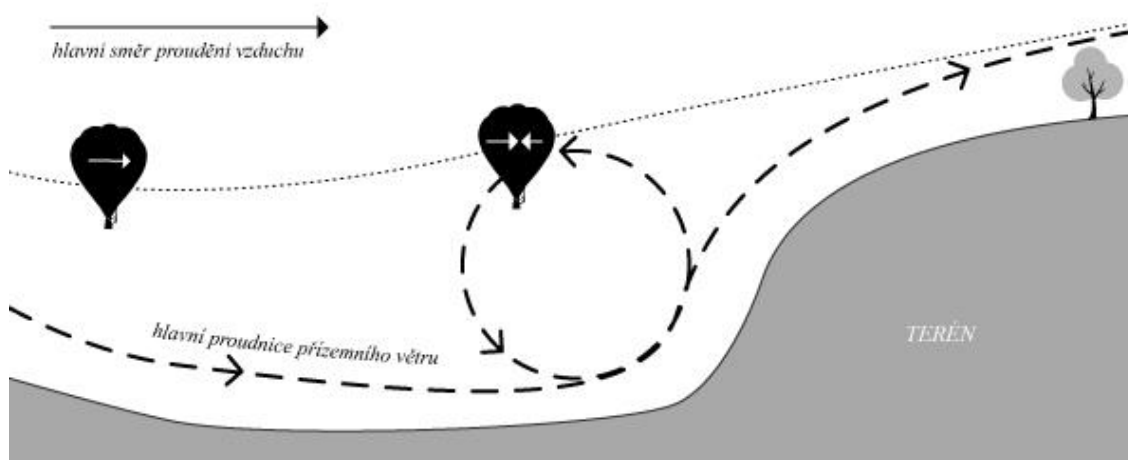
### 3. Nucené zrychlení



Obrázek 31: Nucené zrychlení (vlastní zdroj)

Proudění vzduchu nad terénní vlnou je zrychleno tím, že barická pole se zúží a v tomto místě vznikne rychlé proudění vzduchu. Před terénní vlnou i za terénní vlnou již balón letí opět normální rychlostí. Pilot nemá tento proces šanci ovlivnit. Podobně takto vzniká tzv. dýzové proudění, které se vytváří například přesunem větru z širšího údolí do užšího profilu.

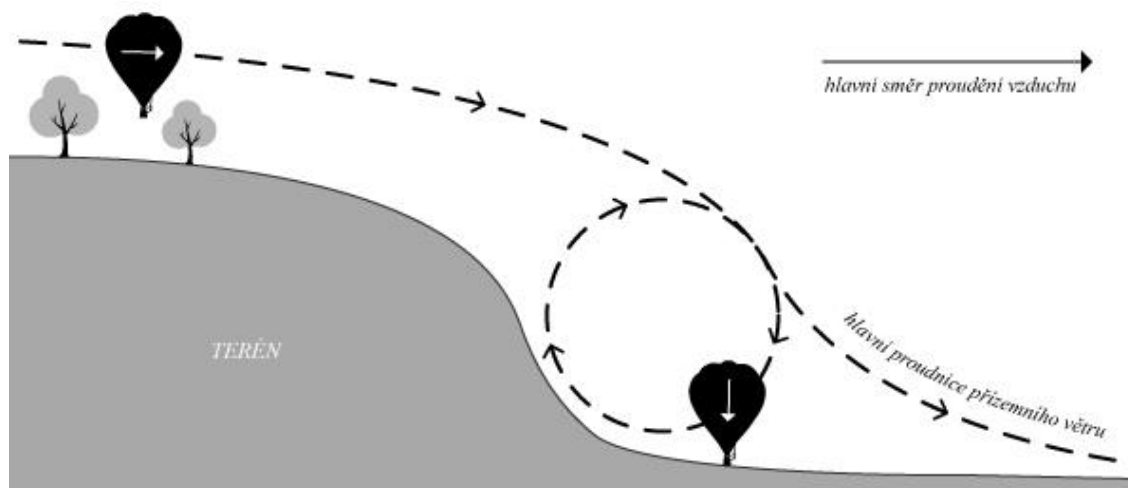
### 4. Záměrné zpomalení



Obrázek 32: Záměrné zpomalení (vlastní zdroj)

Pilot letící ve vyšší výšce nad proudnicí přízemního větru, může naklesáním využít protirotoru před terénní vlnou ve směru letu, která je schopná jej přibrzdit a při větším naklesání zcela zastavit.

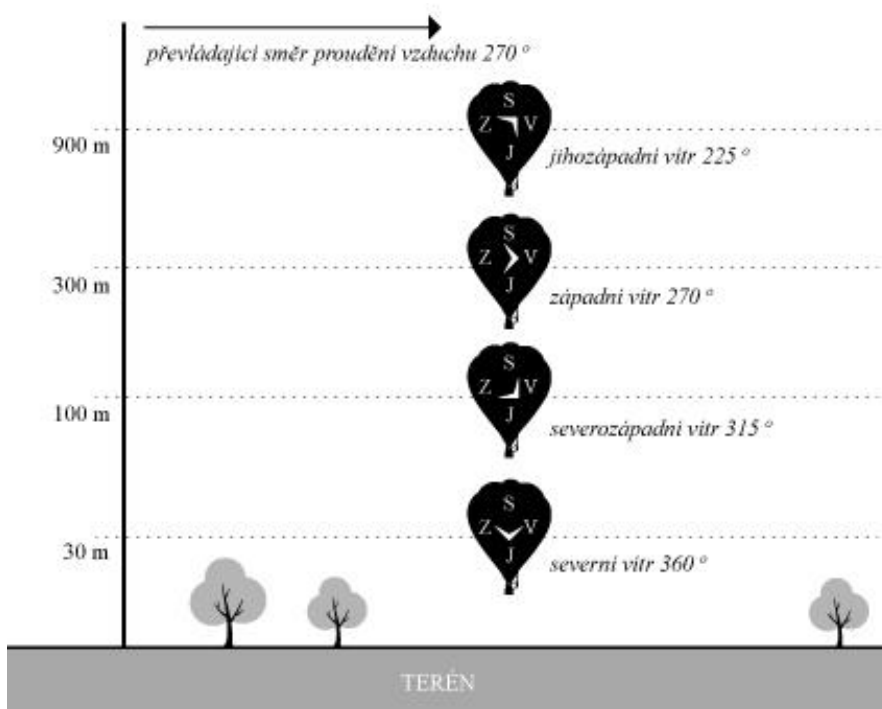
### 5. Využití větrného stínu – rotoru za terénní vlnou k přistání



Obrázek 33: Využití větrného stínu - rotoru za terénní vlnou k přistání (vlastní zdroj)

V případě silného větru může pilot využít větrného stínu - rotoru za terénní vlnou k bezpečnému a měkkému přistání.

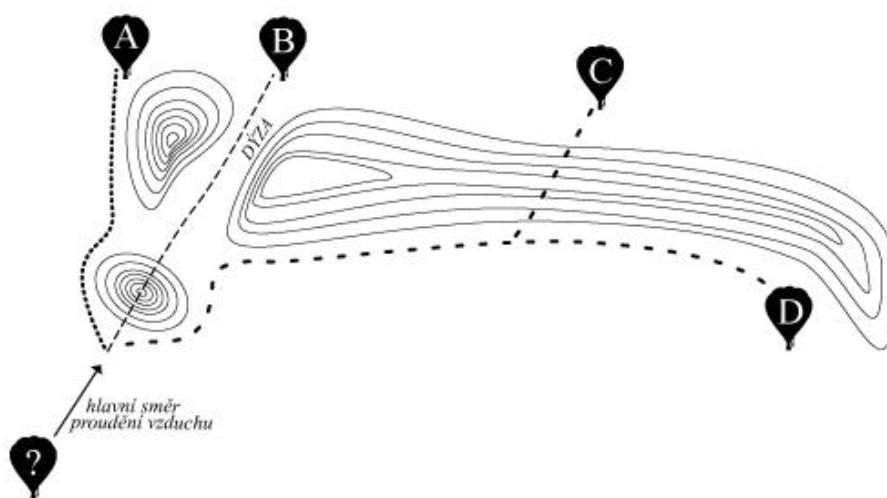
## 6. Ovládání směru letu balónu ve vzdušných vrstvách



Obrázek 34: Ovládání směru letu balónu ve vzdušných vrstvách (vlastní zdroj)

Směr letu balónu lze celkem dobře ovládat nastoupáním nebo naklesáním do určité vzduchové vrstvy. Tyto vrstvy mohou proudit v různých výškách různými směry. Jsou ale většinou zásadně ovlivněny převládajícím směrem proudícího větru. Tohoto principu spolu s létáním v přízemní vrstvě se nejčastěji využívá při balónových závodech a mistrovských soutěžích. K získání potřebných informací, jakým směrem a v jaké výšce daná vrstva proudí, slouží meteorologické webové portály. Tyto portály je třeba před každým letem sledovat pro získání informací k možnosti naplánování letu. Většinou pilota zajímá rychlost a směr přízemního větru a rychlost a směr výškového větru. Tato získaná data jsou předpokladem pro dobře naplánovaný let a správnému navedení balónu k cíli.

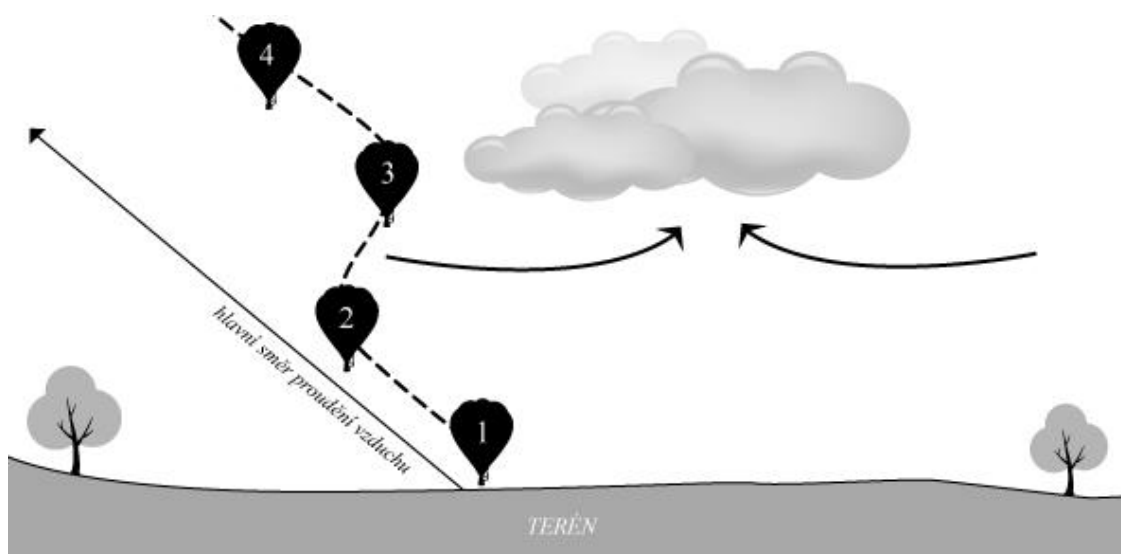
## 7. Záměrná změna směru letu pomocí obtékání překážky v přízemní vrstvě



Obrázek 35: Záměrná změna směru letu pomocí obtékání překážky v přízemní vrstvě (vlastní zdroj)

Na tomto modelu vidíme, jaké cíle může pilot balónu dosáhnout, při správné vertikální manipulaci ve správnou dobu. Na obrázku jsou tři hlavní terénní vlny, které nutí měnit hlavní směr proudění vzduchu pomocí obtékání překážek. Ovládání směru balónu pomocí bočního obtékání je možné jen do výšky překážky samotné. Pokud se balón dostane nad ní, dostává se zpět do hlavního směru proudění vzduchu. Jak je znázorněno, můžeme pomocí této techniky dosáhnout změny směru letu balónu v rozsahu až téměř 90.

## 8. Záměrná změna směru letu pomocí nasávání nenasyceného vzduchu oblakem

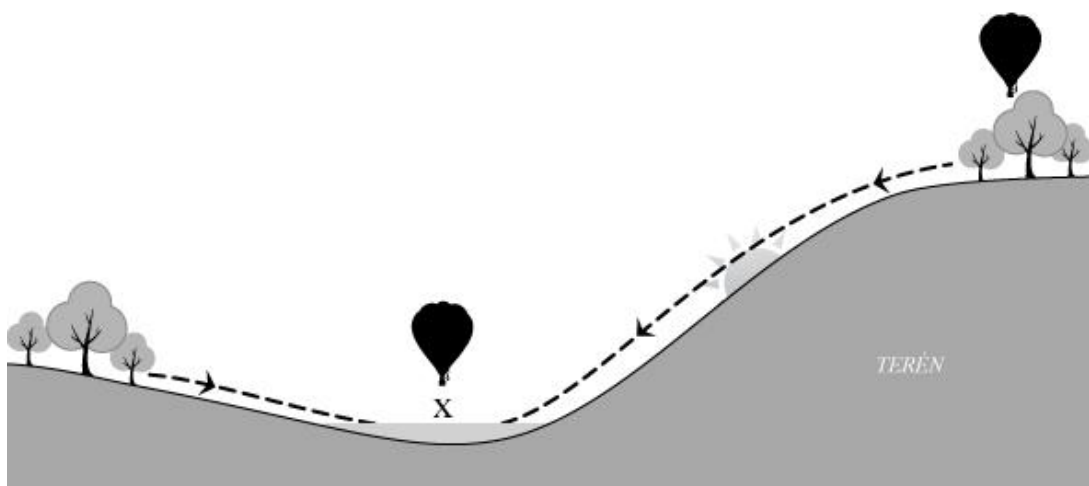


Obrázek 36: Záměrná změna směru letu pomocí nasávání nenasyceného vzduchu oblakem

(vlastní zdroj)

Trajektorie letu balonu je ovlivnitelná ve větších výškách, nasáváním vzduchu například osamoceným cumulem (záleží na tom, v jaké výšce se nachází spodní vrstva oblačnosti). Pilot by si měl uvědomit, že by se nikdy neměl dostat k oblaku blíže než na 300 metrů ve vertikální vzdálenosti.

### 9. Začátek katabatického proudění při západu Slunce



Obrázek 37: Začátek katabatického proudění při západu Slunce (vlastní zdroj)

Může nastat ta situace, že proudění vzduchu se před západem Slunce zcela zastaví a balón zůstane stát nehybně nad lesem v kopci, kde nelze přistát. V tomto čase se však pravidelně tvoří katabatické proudění, kterého pilot může využít pro přesun balónu na příhodnější místo k přistání. Je to poslední šance pohybu vzduchu před setměním.

### 3.4 Shrnutí

V této kapitole jsme se dozvěděli, že horkovzdušný balón se dá navádět na cíl pomocí několika přírodních faktorů. Průběh samotného letu je velmi ovlivněn zkušenostmi a zručností pilota a ostatní posádky. Rozhodně je pohled z výšky na naši krajinu inspirující i pro geography – pedagogy (termín prof. A.Wahly), kteří mohou z výšky identifikovat objekty a situace, jež při pohybu po zemském povrchu nemají šanci tak dobře vnímat. Balón je tak výborným prostředkem pro studium povrchu Země, a samozřejmě i atmosférických procesů, jež můžeme efektivně uplatnit v geografickém vzdělávání.



## 4 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo objasnit, zda je možné horkovzdušný balón řídit, jak toho dosáhnout, za jakých podmínek a poukázat na faktory ovlivňující proudění vzduchu. Po prostudování teorie a všech vlivů vázajících se na proudění vzduchu a porovnání s běžnou praxí pilotů horkovzdušných balónů, jsem došla k jednoznačnému závěru, že horkovzdušný balón je za určitých podmínek velmi dobře řiditelný a lze jej úspěšně navádět na cíl. Pro každého certifikovaného pilota horkovzdušného balónu je mimo jiné povinnost zvládnout zkoušku z teorie meteorologie a seznámit se tak se všemi faktory, které mohou ovlivnit let balónu. Praktické zkušenosti pak získává dlouhá léta svou pilotní praxí, protože nikde zatím oficiálně neexistuje návod pro piloty horkovzdušných balónů, jak se v daných situacích zachovat. Tyto zkušenosti jsem se pokusila sumarizovat, propojit s teorií a vytvořit práci, která by byla přínosná pro všechny nové zájemce o balónové létání s dopadem na větší bezpečnost toho sportu.

Dalším neméně důležitým cílem této práce bylo přiblížit atraktivní a zjednodušenou formou, žákům druhého stupně základní školy, jak probíhají základní procesy v atmosféře a na příkladu letu horkovzdušného balónu vysvětlit danou problematiku názorným a zábavným způsobem a přiblížit ji tak, aby jí snadněji a lépe porozuměli.

## 5 LITERATURA

### Literární zdroje

1. DEMEK, Jaromír a Stanislav HORNÍK. *Země a její povrch: fyzický zeměpis pro základní školy a nižší ročníky osmiletých gymnázií*. 1. vyd. Praha: Prospektrum, 1995, ISBN 80-854-3155-6.
2. DEMEK, Jaromír. *Zeměpis 6: pro základní školy*. ISBN 978-807-2353-620.
3. DVOŘÁK, P., 2010. *Letecká meteorologie*. Cheb: Svět křídel. ISBN 978-80-86808-85-7.
4. FARSKÝ, I., 2002. *Obecná fyzická geografie (Meteorologie pro studenty PF I.)*. 1. vyd. Ústí nad Labem: OMP UJEP. ISBN 80-7044-452-5
5. FARSKÝ, I., 2003. *Fyzická geografie*. Ústí nad Labem: OMP UJEP. ISBN 80-7044-503-3.
6. GARZINA, Ivan. *Ze středu Země až nad oblaka*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, ISBN 80-718-3048-8.
7. KELLER, Ladislav. *Učebnice pilota: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. 1. vyd. Cheb: Svět křídel, 2006, ISBN 80-868-0828-9.
8. KOPÁČEK, Jaroslav. *Jak vzniká počasí*. Vyd. 1. V Praze: Karolinum, 2005, ISBN 80-246-1002-7.
9. KUNIC, A. *Synoptická meteorologie*. 1. vyd. Praha: Přírodovědecké vyd., 1952
10. MOLNÁR, F., 1970. *Synoptická meteorologie: Učební text pro pomaturitní studium*. Praha: Hydrometeorologický ústav.
11. NETOPIL, R., a kol, 1984. *Fyzická geografie I*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství
12. NOVÁK, Svatopluk a Jaromír DEMEK. *Planeta Země se představuje*. vyd. Praha: Vydavatelství a nakladatelství Práce, 1998, ISBN 80-208-0451-X.
13. ŘEZÁČOVÁ, Daniela. *Fyzika oblaků a srážek*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2007, ISBN 978-80-200-1505-1.
14. VYSOUDIL, Miroslav. *Meteorologie a klimatologie*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, ISBN 80-244-1455-4.

## Internetové zdroje:

1. *Český hydrometeorologický ústav*. [online]. [cit. 2013-06-27]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P1\\_0\\_Home](http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P1_0_Home)
2. *Elspeedo: Horské a údolní proudění* [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html](http://www.elspeedo.cz/paragliding/pocasi/.../horske-a-udolni-proudeni.html)
3. *Festo: Gas balloon* [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [http://www.festo.com/cms/en\\_cor](http://www.festo.com/cms/en_cor)
4. *Kubíček balloons: přehled schválených příruček* [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: <http://www.kubicekballoons.cz/cesky/podpora/prirucky.php>
5. *Magazín letiště České republiky: aktuality* [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: <http://www.letistecr.cz/aktuality/nova-tratova-a-icao-mapa-cr.aspx>
6. *Ultramagic balloon: baskets* [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-----s34\\_113.html](http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-----s34_113.html)
7. *Ultramagic balloon: burners* [online]. [cit. 2013-06-25]. Dostupné z: [http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-Burners-s34\\_112.html](http://ultramagic.com/balloons/hot-air-ballon-Burners-s34_112.html)